

Screening von organischen Spurenstoffen im Vierwaldstättersee



Anne Dax, Irene Wittmer, Heinz Singer

**Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs, Dübendorf,
Schweiz;**

Im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV)

Dübendorf, Dezember 2022

AuftraggeberIn:

Aufsichtskommission Vierwaldstättersee
c/o Amt für Umwelt Nidwalden
Eva Schager
Stansstaderstrasse 59
Postfach 1251
6371 Stans

AutorInnen:

Anne Dax, Abteilung Umweltchemie, Eawag, Dübendorf
Irene Wittmer, VSA-Plattform Wasserqualität, c/o Eawag, Dübendorf
Heinz Singer, Abteilung Umweltchemie, Eawag, Dübendorf

Kontakt:

Heinz Singer
Abteilung Umweltchemie
Ueberlandstrasse 133
8600 Dübendorf
Tel.: +41 58 765 5577
Email: heinz.singer@eawag.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation	3
2	Probenahme und Analytik	3
2.1	Probenahme	3
2.2	Probenaufbereitung und Analyse.....	5
2.3	Qualitätskontrolle	5
3	Resultate	6
3.1	Kreuztrichter	6
3.2	Alpnachersee	6
3.3	Vergleich zur Messkampagne 2009.....	8
3.4	Pharmazeutika	9
3.5	Pestizide.....	12
3.6	Haushaltschemikalien und Industriestoffe.....	14
4	Schlussfolgerungen	14
5	Literatur.....	23

1 Ausgangssituation

Durch Siedlungsabwässer und durch den Eintrag von Agrochemikalien aus der landwirtschaftlichen Anwendung kann eine grosse Zahl organischer Mikroverunreinigungen in Flüsse und Seen gelangen. Organische Mikroverunreinigungen können bereits in Spurenkonzentrationen eine Gefahr für aquatische Ökosysteme darstellen. Moderne Analysetechniken wie die Kopplung von Flüssigkeitschromatographie (LC) und hochauflösender Massenspektrometrie (HRMS) ermöglichen den empfindlichen und präzisen Nachweis von mehreren Hundert organischen Mikroverunreinigungen in Wasserproben. Die Eawag hat eine Methode entwickelt, mit der ein breites Spektrum an häufig in Gewässern nachgewiesenen organischen Mikroverunreinigungen im Nanogramm-pro-Liter-Bereich bestimmt werden kann. Bereits am 28. Oktober 2009 wurden Proben aus dem Luzerner-, Urner- und Alpnacher-Becken des Vierwaldstättersees entnommen und mit dieser LC-HRMS Methode auf 247 organische Mikroverunreinigungen untersucht [1].

Um überprüfen zu können inwieweit sich die Gewässerqualität des Vierwaldstättersees rund 13 Jahre nach dieser letzten umfassenden Screening-Analyse verändert hat und ob Mikroverunreinigungen damals unentdeckt blieben, wurde der Vierwaldstättersee im Jahr 2022 erneut mit einer erweiterten Screening-Methode auf 600 organische Mikroverunreinigungen untersucht. Hierzu wurden eine Probe aus dem Kreuztrichter sowie aus dem Alpnachersee entnommen und analysiert.

2 Probenahme und Analytik

2.1 Probenahme

Die Probenahme wurde von der Eawag am 18. Januar 2022 mit einem Arbeitsboot der Eawag durchgeführt. Hierbei wurde nach Vorgabe der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV) jeweils eine Stelle im Vierwaldstättersee beim Kreuztrichter sowie im Alpnachersee im Bereich des Ausflusses beprobt. Da die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Anhang 2 Ziff. 11 Abs. 3 der Gewässerschutzverordnung nach weitgehender Durchmischung des eingeleiteten Abwassers im Gewässer gelten, wurden die Beprobungen im Januar während der Durchmischungsphase des Sees ausgeführt. In Bild 1 sind die beprobten Stellen der Screening-Untersuchungen von 2022 sowie auch 2009 mit einem Stern markiert. Die Probenahmestellen im Alpnachersee waren 2009 und 2022 nicht ganz identisch. Im Jahr 2009 wurde die Probe im Alpnachersee von einem Steg aus entnommen, während 2022 die Probenentnahme mit dem Boot im Bereich des Abflusses stattfand. Im Jahr 2012 fand eine weitere Untersuchungskampagne im Alpnachersee statt [2], auf welche in diesem Bericht nicht weiter eingegangen wird.

Der Standort Alpnachersee zeigte 2009 höhere Befunde als die anderen damals beprobten Stellen und wurde deshalb im Jahr 2022 wieder beprobt. Der Alpnachersee ist weniger tief als der Rest des Sees und vermutlich mehr durch Einträge von Kläranlagen beeinflusst als der Rest des Vierwaldstättersees [2]. Die Stelle am Kreuztrichter bildet die Gewässerqualität der restlichen Seebecken des relativ unbeeinflussten Vierwaldstättersees gut ab und wurde deshalb im Jahr 2022 stellvertretend für die anderen Seebecken untersucht.



Bild 1: Probenahmestellen im Vierwaldstättersee 2009 und 2022. Der Alpnachersee wurde beide Jahre beprobt, jedoch an leicht unterschiedlichen Standorten (braun 2022, rosa 2009). Im Kreuztrichter (dunkelblau) wurden nur 2022 und im Luzernersee (hellblau) nur 2009 Proben entnommen.
Karte: Google Maps

Die Probe im Alpnachersee wurde mit Hilfe einer Niskin-Schöpfflasche in einer Wassertiefe von 3m entnommen, was an dieser Stelle in etwa der Mitte der Wassersäule entspricht. Die Probe am Kreuztrichter wurde bei einer Wassertiefe von 20m geschöpft. Der Kreuztrichter ist an der Entnahmestelle etwa 100m tief. Die genauen Koordinaten lauten 0668586 E, 0202304 N für den Alpnachersee und 0671575 E, 0206757 N für den Kreuztrichter. Der See war am Probenahmedatum komplett durchmischt (komplettes Tiefenprofil kann auf Nachfrage geliefert werden). Die Tabelle 1 zeigt, dass Temperatur, Sauerstoff- und Salzgehalt an den jeweiligen Messstellen an der Oberfläche und in der beprobten Tiefe gleich sind.

	Alpnachersee		Kreuztrichter	
	0 m	3 m	0 m	20 m
Temperatur (°C)	5.4	5.2	6.3	6.5
O ₂ (mg/L)	9.73	9.9	10.32	10.17
Salz (µS/cm)	358	364	217	217

Tabelle 1: Temperatur, Sauerstoff- und Salzgehalt an der Oberfläche und der jeweiligen beprobten Tiefen im Alpnachersee und Kreuztrichter.

Die entnommenen Wasserproben wurden direkt an Bord des Arbeitsbootes von der Niskin-Schöpfflasche in die vorbereiteten Glasflaschen abgefüllt. Die Glasflaschen wurden vor der Probenahme bei 500°C ausgeheizt, um Kontaminationen zu vermeiden. Von einer Flasche wurde an der Probenahmestelle Reinstwasser in eine andere überführt, um als Feldblindprobe bei der späteren Analyse zu dienen. Die Proben wurden gekühlt zurück an die Eawag transportiert und circa zwei Stunden nach der Probenahme bei -20°C bis zur Analyse eingefroren.

2.2 Probenaufbereitung und Analyse

Die Seeproben wurden am 24. Januar 2022 in den Laboren der Eawag bei Raumtemperatur aufgetaut und parallel mit Kalibrationsstandards sowie mit aufgestockten Seeproben und Labor- und Blindproben aufbereitet.

Die verschiedenen Kalibrationsstandards (0.5 – 1000 ng/L) wurden durch Dotieren einer vorbereiteten Standardmischlösung von 600 Verbindungen in 1/3 Evian und 2/3 Reinstwasser erstellt. Die Laborblindproben wurden sowohl in Reinstwasser als auch in 1/3 Evian und 2/3 Reinstwasser hergestellt. Die jeweiligen Proben wurden in Triplikaten vorbereitet, um damit später die relative Standardabweichung zu berechnen. Zwei Proben wurden jeweils mit einer niedrigen und einer hohen Analytenkonzentration (50 und 1000 ng/L) aufgestockt, um nachfolgend die relative Analytenwiederfindungen über das Gesamtverfahren berechnen zu können. Zur Kompensation von Substanzverlusten und Störungen bei der Aufbereitung und Messung wurden alle Proben (Seeproben, Feld-/Labor-Blindproben, aufgestockte Seeproben) und aufgestockten Kalibrationsstandards mit einer internen-Standard-Lösung gespikt, die ca. 300 isotopenmarkierte interne Standards in einer Konzentration von 100 ng/L enthielt.

Alle Proben und Kalibrationsstandards wurden mittels vakuumunterstützter Verdampfung (VEC) aufkonzentriert, um eine tiefere Bestimmungsgrenze zu erreichen [3]. 40 mL der Proben und Kalibrationsstandards wurden in BÜCHI™-Glashülsen (1 mL Restvolumen, BÜCHI Labortechnik AG, Schweiz) pipettiert und während 4.5 Stunden bei 55°C und 20 mbar mit einem vakuumunterstützten Verdampfungssystem (Syncore® Analyst R-12, BÜCHI Labortechnik AG, Schweiz) auf 1 mL eingedampft. Der Glashülsenappendix wurde mit der Rückspüleinheit auf 5.1°C gekühlt. Falls erforderlich, wurde nach Beenden des Prozesses das Konzentratvolumen durch Zugabe von Reinstwasser auf 1 mL aufgefüllt und dann in Zentrifugengläser überführt und zentrifugiert, bevor es schliesslich in LC-Gläser überführt wurde.

Ein Probenkonzentratvolumen von 100 µl wurde in das LC-System injiziert, das aus einem PAL RTC-Autosampler (CTC Analytics, Schweiz), einer reversed phase C18-Säule (Atlantis T3, 3 µm, 3 × 150 mm; Waters) und einer Dionex UltiMate 3000 RS-Pumpe (Thermo Fisher Scientific RS) bestand. Zur chromatographischen Trennung wurde ein Wasser-Methanol Gradient verwendet. Die Analyten wurden mit Elektrospray (3.5/-2.5 kV) ionisiert und auf einem Orbitrap-Massenspektrometer (Exploris 240, Thermo Fisher Scientific, USA) mit einer Auflösung von 120.000 (bei 200 m/z) im MS1-Vollscan-Modus (m/z 100-1000), gefolgt von drei bis vier datenabhängigen MS/MS-Scans nachgewiesen. Die Messung im positiven und negativen Ionisierungsmodus wurden nacheinander in zwei separaten Analysenläufen durchgeführt. Folgende Einstellungen wurden bei der Elektrospray-Ionisierung eingestellt: spray voltage = 3.5/-2.5kV; sheath gas = 40, aux gas = 10, sweep gas = 0, transfer capillary temperature = 320°C, Vaporizer temperature = 40°C.

Zur quantitativen Auswertung wurden mit einem Massenfilter von 5 ppm die Chromatogramme der Zielanalyten aus den HR-MS1-Orbitrapspektren extrahiert. Die Konzentrationen der Zielverbindungen wurden mit Trace Finder 4.1 (Thermo Fisher Scientific, USA) auf der Grundlage der Peakflächenverhältnisse zwischen der Zielverbindung und des entsprechenden isotopenmarkierten internen Standards bestimmt. Wenn kein strukturell identischer isotopenmarkierter interner Standard verfügbar war, wurde ein interner Standard mit ähnlicher Retentionszeit wie der Analyt ausgewählt. Die extrahierten Ionenchromatogramme wurden zur Quantifizierung verwendet, und die Identität des Analyten bestätigt, indem die MS/MS Spektren zwischen Probe und Standard verglichen wurden.

2.3 Qualitätskontrolle

Zur Qualitätskontrolle wurden die Wiederfindungen der Analyten bestimmt. Dazu wurden die Seeproben parallel zur regulären Analyse mit einer bekannten Menge der Analyten aufgestockt. Alle Substanzen mit guten relativen Analytwiederfindungen (Wiederfindungen von ca. ≥80% und ≤120% für Verbindungen mit eigenem spezifischen isotopenmarkierten internen Standard und ≥67% und ≤147% für Verbindungen ohne isotopenmarkierten internen Standard) wurden als quantifizierbar angesehen.

Die relative Standardabweichung wurde auf der Grundlage der Triplikate-Messungen berechnet. Alle Abweichungen unter 10 % wurden als akzeptabel qualifiziert.

3 Resultate

Die Proben wurden auf 600 organische Mikroverunreinigungen untersucht, davon 204 Pestizide und 77 Pestizid-Metabolite, 246 Pharmazeutika und 41 Pharmazeutika-Metabolite sowie 32 sonstige Haushalts-/Industriechemikalien. Die Methodik erlaubt den spurenanalytischen Nachweis von diesen verschiedenen Mikroverunreinigungen sowie deren Transformationsprodukte in Oberflächenwasser. Insgesamt wurden in den untersuchten Proben des Vierwaldstättersees 55 der 600 analysierten Substanzen über der jeweiligen Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Im Alpnachersee wurden alle 55 gefunden, während im Kreuztrichter nur 37 Analyten detektiert wurden. Alle Befunde lagen zwei bis fünf Grössenordnungen unter den vom Ökotoxzentrum vorgeschlagenen chronischen Qualitätskriterien sowie unter den ökotoxikologisch basierten numerischen Anforderungen der Gewässerschutzverordnung (GSchV Anhang 2). Ebenso überstieg keine der Substanzen den allgemeinen numerischen Grenzwert der Gewässerschutzverordnung von 100 ng/L für Pestizide ohne ökotoxikologisch basierten Grenzwert.

Die Tabelle 2 fasst die positiven Befunde in den Proben zusammen. Da die Proben in Triplikaten hergestellt wurden, handelt es sich bei der jeweils angegebenen Konzentration um den Mittelwert. Die Spalte 'Chronisches Qualitätskriterium' bezieht sich auf die vom Ökotoxzentrum veröffentlichten ökotoxikologisch basierten Qualitätskriterien [4]. Die Spalte 'Grenzwerte GSchV' enthält die numerischen Grenzwerte der Gewässerschutzverordnung. In den Tabellen 3 bis 11 sind alle untersuchten Substanzen aufgelistet, welche nicht über der jeweiligen Bestimmungsgrenze in den Proben detektiert wurden.

3.1 Kreuztrichter

In der Kreuztrichter-Probe wurden 37 Substanzen gefunden, darunter 4 Pestizide, 18 Pharmazeutika, 7 Metaboliten von Pharmazeutika, 3 Industriechemikalien, 2 Korrosionsschutzmittel, 2 Lebensmittelzusatzstoffe sowie Koffein. Die Konzentrationen lagen mehrheitlich zwischen 0.5 – 10 ng/L, nur 4-Acetamidopyrin, ein Metabolit der Schmerzmittel Metamizol und Aminopyrin (keine Produkte mehr im Handel), erreichte eine Konzentration von 19 ng/L. Die Korrosionsschutzmittel Benzotriazol und die Summe 4 + 5-Methyl-Benzotriazol lagen im gleichen Bereich, mit 19 bzw. 13 ng/L. Von der Industriechemikalie Melamin wurden 35 ng/L detektiert. Melamin gehört laut Reach, Chemikalienzulassung der EU, zu den Stoffen mit den höchsten verwendeten Mengen. Es wird bis zu einer Million Tonnen pro Jahr eingesetzt; die Anwendungen und Quellen sind vielfältig. Das Süssmittel Acesulfam wies mit 49 ng/L die höchste detektierte Konzentration auf.

3.2 Alpnachersee

In der ufernahen Probe des Alpnachersees wurden 55 Substanzen nachgewiesen. Es handelt sich um 4 Pestizide, 33 Pharmazeutika sowie 10 Pharmazeutika-Metabolite, 3 Industriechemikalien, 2 Korrosionsschutzmittel, 2 Lebensmittelzusatzstoffe sowie Koffein. Die absolute Anzahl der detektierten Substanzen ist anderthalb Mal höher als im Kreuztrichter. Weiterhin sind die Konzentrationen derjenigen Substanzen, welche an beiden Orten gefunden wurden, im Alpnachersee um einen Faktor 2 – 20-mal höher. So betrug z.B. die Konzentration des Schmerzmittels Diclofenac im Kreuztrichter 0.9 ng/L und im Alpnachersee 20 ng/L. Einzig das Süssmittel Acesulfam kam mit 25 ng/L in einer tieferen Konzentration im Alpnachersee vor als im Kreuztrichter (49 ng/L). Die Röntgenkontrastmittel Iopromid und Ioxitalaminsäure wiesen mit 95 bzw. 27 ng/L erhöhte Konzentrationen auf. Mit 99 ng/L wurde von 4-Formylaminoantipyrin, einem Metaboliten der Schmerzmittel Metamizol und Aminopyrin (keine Produkte mehr im Handel), die höchste Konzentration gemessen. Von Melamin und 4-Acetamidoantipyrin wurde eine Konzentration von 79 ng/L bzw. 59 ng/L detektiert.

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe / Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Grenzwert GschV ¹ (ng/L)	Chronisches Qualitätskriterium (ng/L)	Eigener ISTD
Pestizide	MCPA	94-74-6	Herbizid	0.5	1.2	0.5	6400 ¹	660 ¹	Ja
	Mecoprop	93-65-2	Herbizid	0.8	1.9	0.8	100	3600	Ja
	N-N-diethyl-3-methylbenzamid (DEET)	134-62-3	Insektenabwehrmittel	1	14	9.9	100	88000	Ja
	Propiconazol	60207-90-1	Fungizid	0.4	10	0.8	100	1400	Ja
Pharmazeutika	Diclofenac	15307-86-5	Analgetikum	0.5	20	0.9	50	50	Ja
	Etodolac	41340-25-4	Analgetikum	0.5	2.9	<0.5			Ja
	Flufenaminsäure	530-78-9	Analgetikum	1	4.7	<1			Nein
	Mefenaminsäure	61-68-7	Analgetikum	0.3	1.8	0.3		1000	Ja
	Phenazon	60-80-0	Analgetikum	0.5	2.0	0.8			Nein
	Propyphenazon	479-92-5	Analgetikum	0.5	1.4	<0.5			Nein
	Tapentadol	175591-23-8	Analgetikum	0.4	4.2	0.4			Nein
	Tramadol	27203-92-5	Analgetikum	0.5	6.5	0.7			Ja
	Trimethoprim	738-70-5	Analgetikum	0.6	2.9	<0.6		120000	Nein
	Levamisol	14769-73-4	Anthelminthikum	0.6	0.6	<0.6			Nein
	Flecainid	54143-55-4	Antiarrhythmika	0.5	2.1	0.5			Nein
	Sulfamethoxazol	723-46-6	Antibiotikum	0.7	8.8	2.3		600	Nein
	Sulfapyridin	144-83-2	Antibiotikum	0.4	2.8	<0.4			Ja
	Citalopram	59729-33-8	Antidepressivum	0.5	0.7	<0.5			Ja
	Venlafaxin	93413-69-5	Antidepressivum	0.5	4.5	1.0			Ja
	Sitagliptin	486460-32-6	Antidiabetikum	0.4	9.4	2.2			Ja
	Carbamazepin	298-46-4	Antiepileptikum	0.4	4.3	1.3		2000	Ja
	Gabapentin	60142-96-3	Antiepileptikum	1	17	5.5			Ja
	Oxcarbazepin	28721-07-5	Antiepileptikum	0.5	2.1	<0.5			Ja
	Pregabalin	148553-50-8	Antiepileptikum	0.5	3.5	0.9			Nein
	Candesartan	139481-59-7	Antihypertensivum	0.5	13	2.7			Ja
	Irbesartan	138402-11-6	Antihypertensivum	0.4	6.0	0.4		700000	Ja
	Lamotrigin	84057-84-1	Antikonvulsivum	0.7	14	3.1			Nein
	Fluconazol	86386-73-4	Antimykotika	0.5	0.9	<0.5			Ja
	Amisulprid	71675-85-9	Antipsychotikum	0.5	1.6	<0.5			Ja
	Bisoprolol	104344-23-2	Betablocker	0.6	1.8	<0.6			Nein
	Metoprolol	37350-58-6	Betablocker	0.5	4.3	0.7		8600	Ja
	Sotalol	3930-20-9	Betablocker	0.5	1.2	<0.5			Ja
	Lidocain	137-58-6	Lokalanästhetikum	0.3	2.2	0.3			Ja
	Iopromid	73334-07-3	Röntgenkontrastmittel	22	95	23			Nein
Ioxitalaminsäure	28179-44-4	Röntgenkontrastmittel	20	27	<20			Nein	
Hydrochlorothiazid	58-93-5	Schleifendiuretikum	3	6.3	<3			Nein	
Ephedrin	299-42-3	Sympathomimetikum	0.5	0.9	<0.5			Ja	
Pharmazeutika Metabolite	4-Acetamidoantipyrin	83-15-8	Metamizol	0.4	59	19			Nein
	4-Aminopyrin	83-07-8	Metamizol	10	13	<10			Nein
	4-Formylaminoantipyrin	1672-58-8	Aminopyrin	0.4	99	11			Nein
	Atenololsäure/Metoprololsäure	56392-14-4	Atenolol/Metoprolol	2	14	3.7			Ja
	Carbamazepin-10-11-dihydro-10-11-dihydroxy	58955-93-4	Carbamazepin	3	14	3.3		100000	Nein
	Carbamazepin-10-11-epoxid	36507-30-9	Carbamazepin	0.6	0.6	<0.6			Nein
	Clopidogrel Carbonsäure	144457-28-3	Clopidogrel	0.4	3.2	0.6			Nein
	D617	34245-14-2	Verapamil	0.6	1.2	<0.6			Nein
	Ritalinsäure	19395-41-6	Methylphenidat	0.5	1.4	0.6			Ja
Valsartansäure	164265-78-5	Valsartan	0.5	57	11			Ja	
Sonstige	Hexamethoxymethylmelamin	3089-11-0	Industriechemikalie	2	16	7.6			Nein
	Melamin	108-78-1	Industriechemikalie	0.2	79	35			Ja
	p-Toluolsulfonsäure	1018989-94-0	Industriechemikalie	1	6.4	1.7			Nein
	4 + 5-Methyl-Benzotriazol	136-85-6	Korrosionsschutzmittel	1	48	13			Ja
	Benzotriazol	95-14-7	Korrosionsschutzmittel	1	49	19		19000	Ja
	Acesulfam	33665-90-6	Lebensmittelzusatzstoff	1	25	49			Ja
	Cyclamat	100-88-9	Lebensmittelzusatzstoff	0.5	10	5.1			Ja
Koffein	58-08-2	Alkaloid/Abwassertracer	6	15	8.9			Nein	

¹ Die vorliegenden Messwerte müssen mit den Grenzwerten der GSchV (Anhang 2) für ein Gewässer, das nicht der Trinkwassernutzung dient, verglichen werden. Für Pestizide, ausser für MCPA, gilt daher der allgemeine Grenzwert von 100 ng/L. MCPA hat in der GSchV einen strengeren, ökotoxikologisch basierten akuten Grenzwert von 6400 ng/l, der jederzeit eingehalten werden muss, und einen strengeren, ökotoxikologisch basierten chronischen Grenzwert von 660 ng/l, der im Mittel über zwei Wochen (andauernd) nicht überschritten werden darf. Da es sich bei den Seeproben um Stichproben handelt, gilt formal der höhere akute Grenzwert. Da die Konzentrations-Schwankungen im See systembedingt über zwei Wochen vermutlich sehr gering sind, kann hier auch der tiefere chronische Grenzwert verwendet werden.

Tabelle 2: Befunde über der jeweiligen Bestimmungsgrenze (BG) an den Standorten Alpachersee (AS) und Kreuztrichter (KT) im Jahr 2022. Alle Messwerte liegen deutlich unter den Grenzwerten der Gewässerschutzverordnung (GSchV) sowie unter den chronischen Qualitätskriterien des Ökotoxizentrums [4].

3.3 Vergleich zur Messkampagne 2009

In der im Jahr 2009 von der Eawag und der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee durchgeführten Messkampagne wurden drei Standorte beprobt: Urnersee, Luzernersee und Alpnachersee in einer jeweiligen Tiefe von 20m, 40m und 0.5m. Um die Messwerte aus den Kampagnen 2009 und 2022 miteinander vergleichen zu können, wurden die Ergebnisse des Alpnachersees aus 0.5m Tiefe aus dem Jahr 2009 den Resultaten aus 3m Tiefe aus dem Jahr 2022 gegenübergestellt. Der im Jahr 2022 analysierte Kreuztrichter (20m Tiefe), welcher zum Zeitpunkt der Entnahme im Januar 2022 komplett durchmischt war, wurde hingegen mit einer Probe aus dem Hypolimnion des geschichteten Luzernersees aus dem Oktober 2009 verglichen. Die Unterschiede im Zeitpunkt und Ort der Probenahme zwischen den beiden Jahren sind bei der Interpretation des Resultatvergleichs zu berücksichtigen.

Des Weiteren ist bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse zu beachten, dass das Analysenprogramm der beiden Jahre in Bezug auf die untersuchten Substanzen und erzielten Bestimmungsgrenzen nur teilweise übereinander stimmten. So wurden beispielsweise 2022 mehr als doppelt so viele Wirkstoffe untersucht wie 2009 (600 vs. 247). Weiterhin weisen die Bestimmungsgrenzen bei den Substanzen, welche in beiden Kampagnen untersucht wurden, Unterschiede auf. Bild 2 zeigt die Anzahl der Substanznachweise sortiert nach Wirkstoffgruppe für den Alpnachersee und den Kreuztrichter/Luzernersee im Jahr 2009 und 2022.

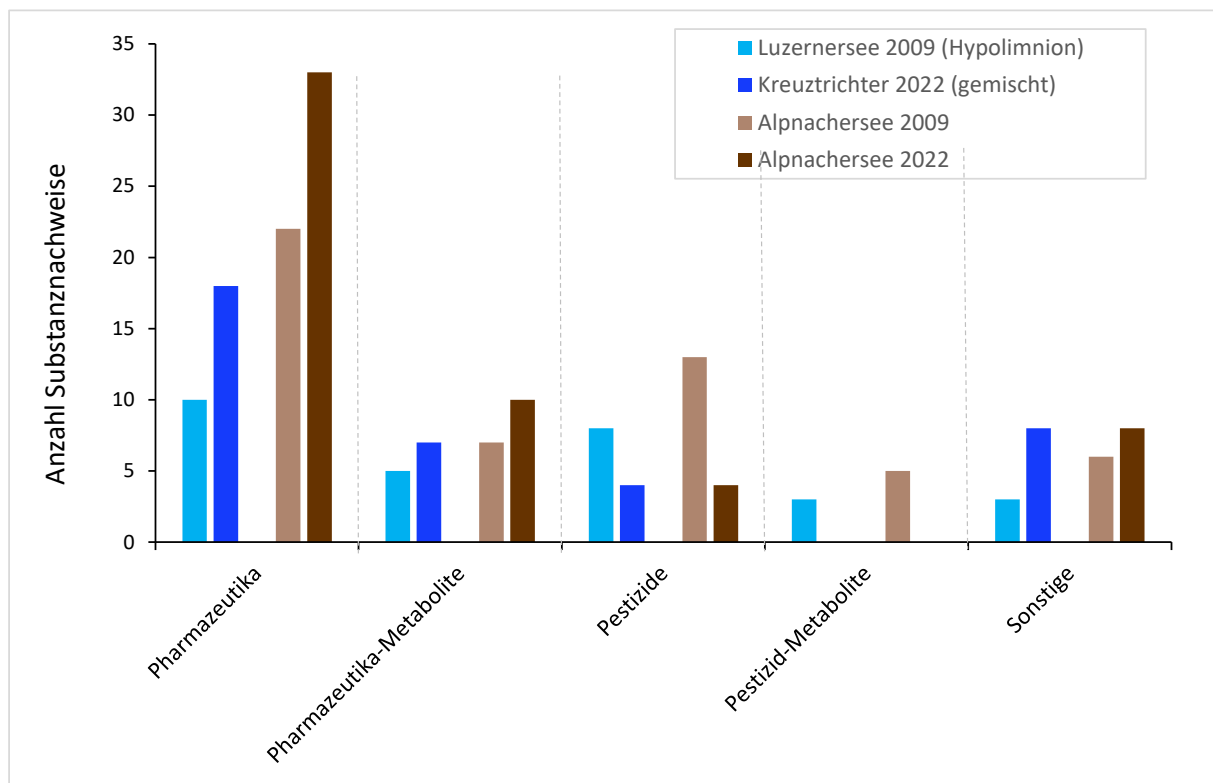


Bild 2: Anzahl Substanznachweise nach Wirkstoffgruppe im Kreuztrichter/Luzernersee (blau)- und Alpnachersee (braun) für das Jahr 2009 (hell) und 2022 (dunkel). Da die Messstellen nicht identisch sind, d. h. die Proben zu unterschiedlichen Jahreszeiten und in verschiedenen Tiefen entnommen wurden, sowie das Analysenprogramm (deutlich mehr Substanzen im 2022) nicht gleich ist, muss der Vergleich mit Vorsicht interpretiert werden.

Trotz der deutlich höheren Anzahl untersuchter Stoffe wurden fast genau gleich viele Substanzen über der jeweiligen Bestimmungsgrenze in den Proben nachgewiesen. Im Jahr 2009 waren es 56 Substanzen, in der aktuelleren Kampagne des Jahres 2022 waren es 55 Substanzen, wovon 27 Substanzen in beiden Jahren detektiert wurden. 2022 wurden mehr Pharmazeutika, Pharmazeutika-Metaboliten, und sonstige Stoffe nachgewiesen als 2009, während im Jahr 2009 mehr Pestizide detektiert wurden.

Weiterhin wurden 2009 drei bzw. fünf Pestizidmetaboliten im Kreuztrichter/Luzernersee bzw. Alpnachersee gefunden, wohingegen im Jahr 2022 keine Pestizidmetabolite über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen wurden. Die Bilder 3 bis 6 zeigen sortiert nach Wirkstoffgruppe den Konzentrationsvergleich der Substanzen, die sowohl 2009 als auch 2022 detektiert wurden. Dabei handelt es sich um insgesamt 27 organische Mikroverunreinigungen. Solche, die nicht in beiden Kampagnen untersucht bzw. detektiert wurden, werden im erläuternden Text erwähnt.

Über beide Probejahre wurden insgesamt 82 Stoffe detektiert, wovon 57 auch in beiden Jahren untersucht wurden. 22 Substanzen wurden im Jahr 2022 detektiert, aber 2009 nicht untersucht. Hingegen wurden nur 4 Substanzen im Jahr 2009 detektiert, aber 2022 nicht untersucht. Dies zeigt, dass das Untersuchungsspektrum 2022 zwar umfassender war, aber die Belastungssituation bereits 2009 gut erfasst werden konnte.

Die Maximalkonzentrationen der detektierten Stoffe waren 2022 generell tiefer als 2009. Hierierbei muss aber berücksichtigt werden, dass die Messprogramme nicht komplett identisch waren. 2009 wurden vier Substanzen über einer Konzentration von 200 ng/L detektiert. Im Jahr 2022 zeigten dagegen zwei Substanzen Konzentrationen knapp unter 100 ng/L. Allerdings handelt es sich bei der Substanz mit der höchsten Konzentration, die 2009 detektiert wurde, um Metformin, welches 2022 nicht gemessen wurde.

3.4 Pharmazeutika

Bei der Substanzgruppe der Pharmazeutika zeigt sich bei den Stoffen, die in beiden Jahren mindestens einmal detektiert wurden, kein Trend (siehe Bild 3). Im Alpnachersee wiesen Tramadol+O-Desvenlafaxin (Summe), Hydrochlorthiazid, Carbamazepin, Metoprolol, Mefenaminsäure, Lidocain und Sotalol 2009 einen höheren Wert auf als 2022. Die Konzentrationswerte von Diclofenac, Sulfamethoxazol, Lamotrigin, Venlafaxin, Trimethoprim und Sulfapyridin waren hingegen im Jahr 2022 höher. Die Unterschiede sind allerdings verhältnismässig klein (meist weniger als ein Faktor drei). Auch im Luzernersee und im Kreuztrichter gab es in beiden Jahren sowohl Zu- als auch Abnahmen der Konzentrationen.

2022 wurden Fluconazol, Gabapentin, Irbesartan und Phenazon an mindestens einem Standort gefunden. In 2009 war das nicht der Fall, obwohl diese Substanzen 2009 untersucht wurden. Zum Teil lagen die 2022 gefunden Konzentrationen deutlich unter den Bestimmungsgrenzen von 2009. Dies könnte der Grund sein, dass sie 2009 nicht über der Bestimmungsgrenze erfasst wurden. Beispielsweise wurde 2022 Irbesartan mit 6 ng/L (Alpnachersee) bzw. 0.4 ng/L (Kreuztrichter) detektiert. Die Bestimmungsgrenze 2009 lagen aber für beide Stoffe bei 50 ng/L.

Es gab in beiden Jahren Nachweise für Pharmazeutika, die nicht in beiden Jahren im Analysenprogramm enthalten waren. So wurde das Antidiabetikum Metformin im Jahr 2009 noch mit bis zu 590 ng/L im Alpnachersee detektiert. 2022 konnte aufgrund von Matrixinterferenzen hingegen kein belastbarer Konzentrationswert mit der verwendeten Screeningmethode für die Proben generiert werden. Für die sichere Quantifizierung von Metformin in den Seeproben des Jahres 2022 müsste eine geeignete Einzelstoffmethode für Metformin zur Anwendung gelangen.

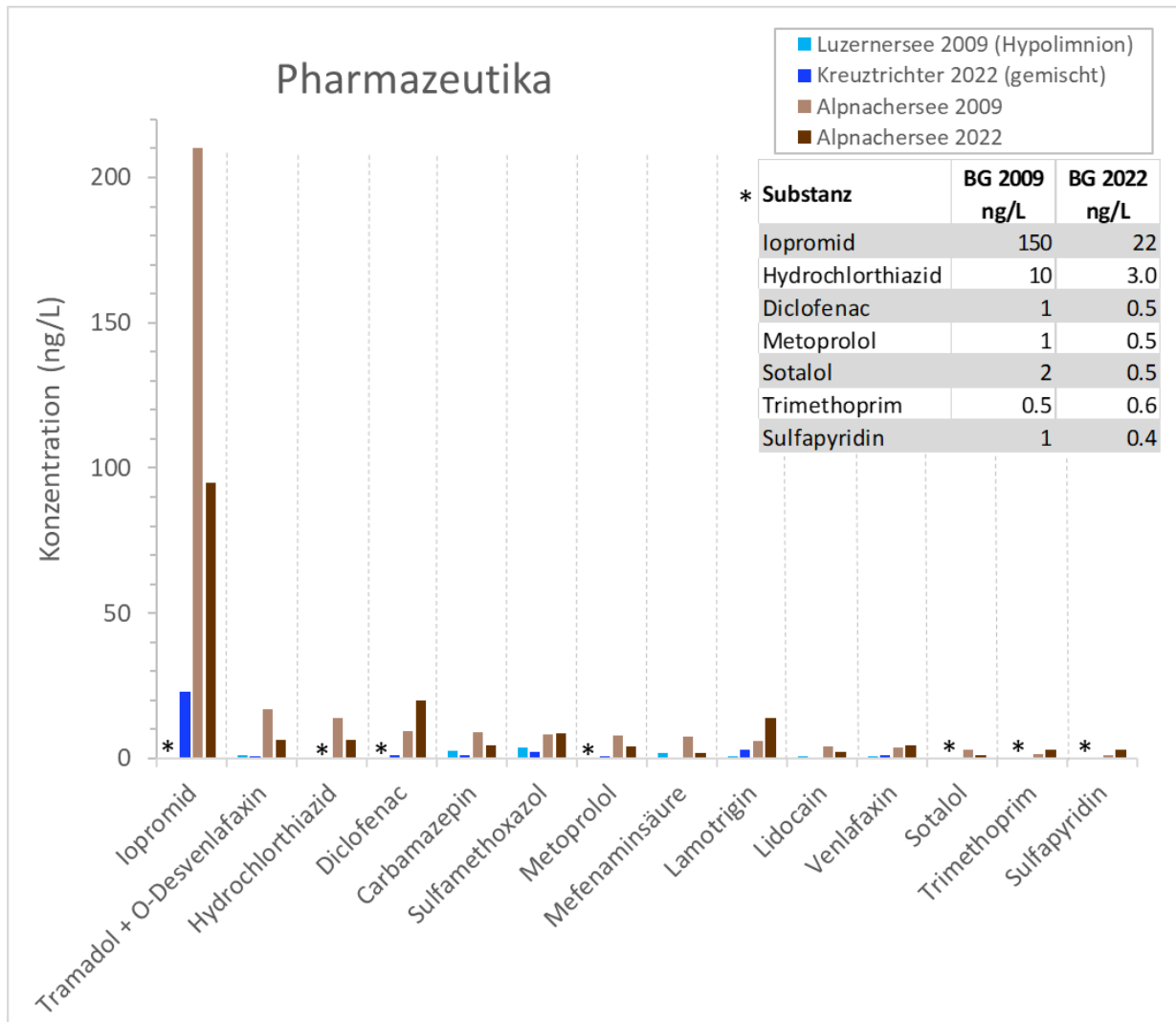


Bild 3: Vergleich der Konzentrationen der Substanzgruppe *Pharmazeutika* im Kreuztrichter/Luzernersee (blau)- und Alpnachersee (braun) für das Jahr 2009 (hell) und 2022 (dunkel). Die Substanzen, für welche es nicht in allen Proben einen Befund gab, sind mit einem Stern markiert. Für diese Substanzen sind dann in der Tabelle im Bild die Bestimmungsgrenzen aufgeführt.

Das Röntgenkontrastmittel Ioxitalaminsäure, die Pharmazeutika Amisulprid, Bisoprolol, Candesartan, Citalopram, Ephedrin, Etodolac, Flecainid, Flufenaminsäure, Levamisol, Oxcarbazepin, Pregabalin, Propyphenazon, Sitagliptin und Tapentadol wurden 2009 nicht untersucht, konnten aber 2022 in den Proben nachgewiesen werden. Allerdings wiesen alle Stoffe bis auf Sitagliptin (9.4 ng/L) und Candesarten (13 ng/L) Konzentrationen unter 5 ng/L auf.

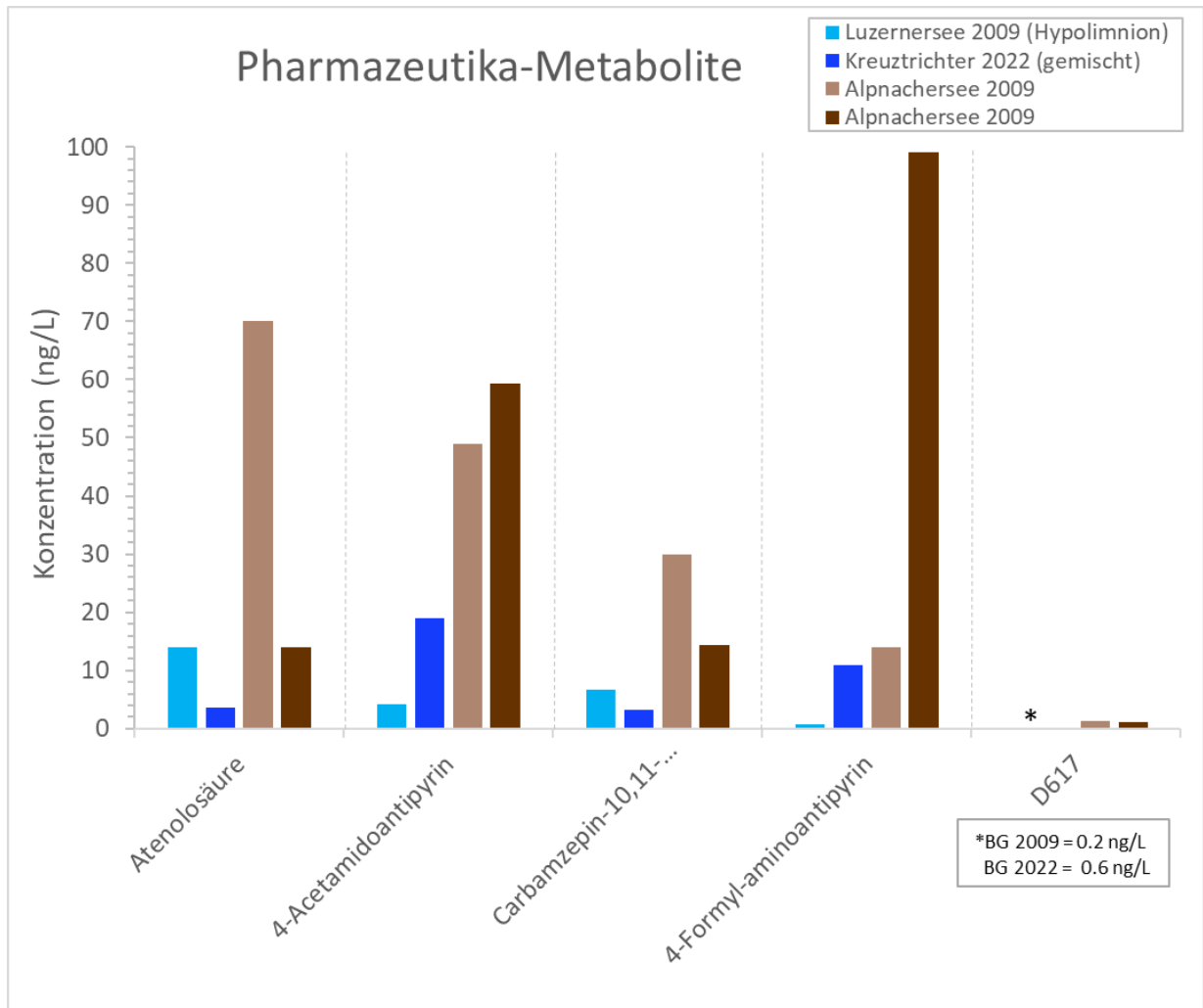


Bild 4: Vergleich der Konzentrationen der Substanzgruppe *Pharmazeutika-Metabolite* im Kreuztrichter/Luzernersee (blau)- und Alpnachersee (braun) für das Jahr 2009 (hell) und 2022 (dunkel). Die Substanzen, für welche es nicht in allen Proben einen Befund gab, sind mit einem Stern markiert und die Bestimmungsgrenze ist angegeben.

Auch bei den Pharmazeutika-Metaboliten ist kein klarer Trend erkennbar. Während sich im Kreuztrichter die Konzentrationen der Schmerzmittel-Metaboliten 4-Acetamidoantipyrin und 4-Formylaminoantipyrin 2022 im Vergleich zum Luzernersee 2009 mehr als vervierfacht haben, halbierten sich hier die Konzentrationen der Atenololsäure und Carbamazepins-10,11-dihydro-10-11-dihydroxy.

Im Alpnachersee ist die Konzentration der Atenololsäure und des Carbamazepins-10,11-dihydro-10-11-dihydroxy von 2009 auf 2022 ebenfalls gesunken. Die Konzentration von 4-Acetamidoantipyrin ist von 49 ng/L auf 59 ng/L und von 4-Formyl-aminoantipyrin von 14 ng/L auf 99 ng/L gestiegen. Der Verapamil-Metabolit D617 wurde nur im Alpnachersee in einer tiefen Konzentrationen gefunden; im Kreuztrichter/Luzernersee überschritt er die Bestimmungsgrenze nicht.

Die weiteren Pharmazeutika-Metaboliten 4-Aminopyrin, Carbamazepin-10-11-epoxid und Ritalinsäure wurden 2022 oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze detektiert, nicht aber 2009.

Clopidogrel-Carbonsäure und Valsartansäure, welche 2022 gefunden wurden, gehörten 2009 nicht zum Analysenprogramm.

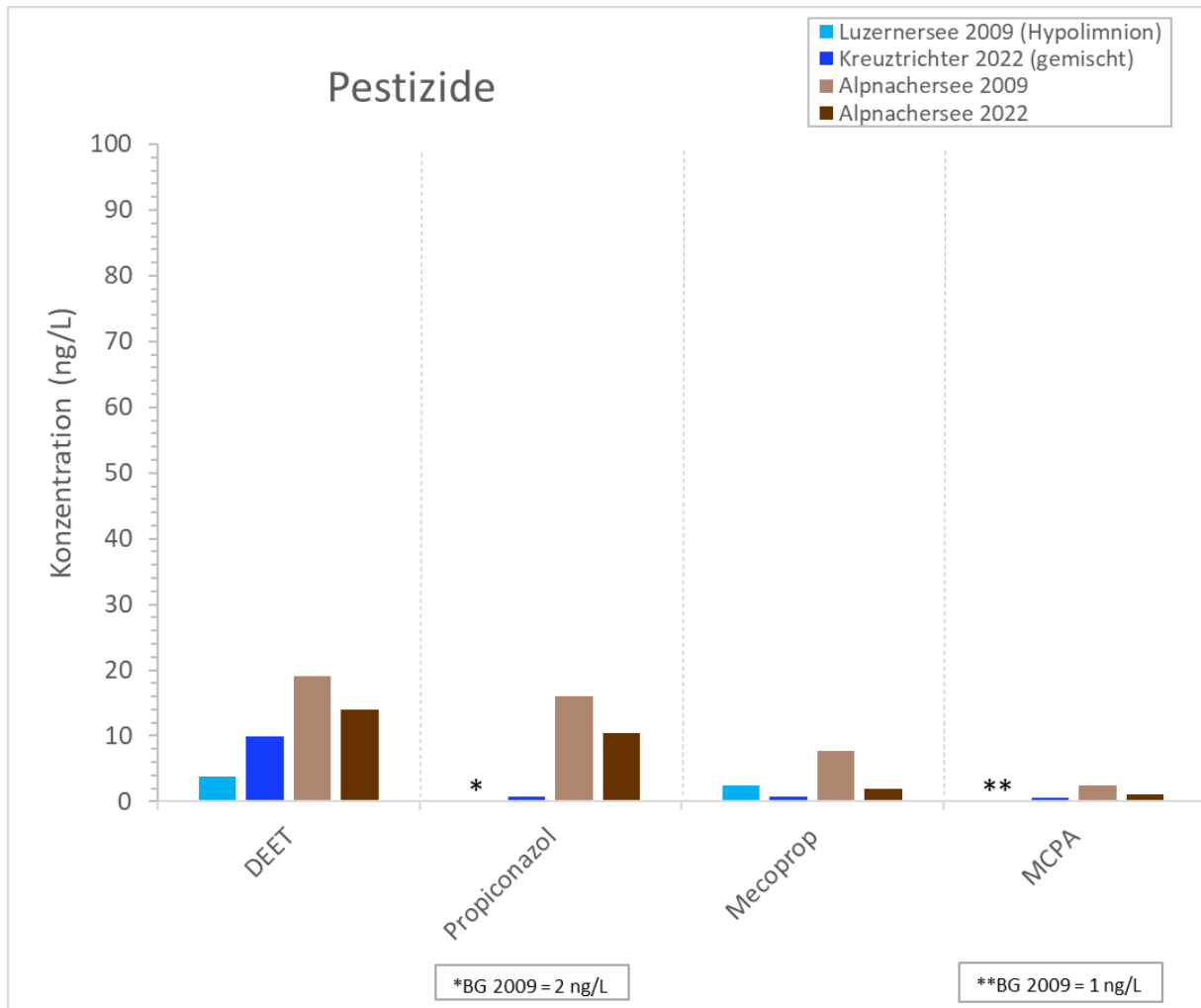


Bild 5: Vergleich der Konzentrationen der Substanzgruppe *Pestizide* im Kreuztrichter/Luzerers (blau)- und Alpnachersee (braun) für das Jahr 2009 (hell) und 2022 (dunkel). Die Substanzen, für welche es nicht in allen Proben einen Befund gab, sind mit einem Stern markiert und die Bestimmungsgrenze ist angegeben. Alle Befunde sind weit unter den Grenzwerten der Gewässerschutzverordnung (siehe Tabelle 2). Laut Gewässerschutzverordnung gelten für DEET, Propiconazol und Mecoprop ein Grenzwert von 100 ng/L sowie für MCPA ein Grenzwert von 6400 ng/L (siehe Tabelle 2).

3.5 Pestizide

2022 wurden weniger Pestizide im Vierwaldstättersee gefunden als 2009. Die 2009 detektierten Stoffe Diuron, Irgarol, Atrazin, Clomazin, Diazinon, Isoproturon, Metolachlor, Monuron und Simazin wurden im Jahr 2022 nicht mehr über ihrer Bestimmungsgrenze detektiert. Die Befunde für diese Stoffe lagen 2009 schon nahe an den jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Es muss jedoch beachtet werden, dass zwischen den beiden Jahren zum einen die Bestimmungsgrenzen für diese Stoffe leicht unterschiedlich waren und zum anderen die Proben an unterschiedlichen Orten sowie zu einer anderen Jahreszeit entnommen wurden. Des Weiteren muss eine veränderte Zulassung der Wirkstoffe mitberücksichtigt werden. Während Atrazin, Diazinon, Irgarol sowie Simazin im Jahr 2009 noch zugelassen waren, hatten die Wirkstoffe im Jahr 2022 die Zulassung sowohl als PSM als auch als Biozid bereits verloren. Isoproturon war 2022 nur noch als Biozid zugelassen, wogegen es 2009 noch als Pflanzenschutzmittel im Einsatz war. Monuron ist ein Spezialfall und war schon 2009 verboten. Einzig Metolachlor und Clomazon waren in beiden Jahren als PSM zugelassen und die Verkaufsmengen in beiden Jahren ähnlich hoch (~20 t und ~2 t) [5, 6].

Die Konzentrationen der 2022 gefundenen Stoffe Mecoprop, Propiconazol, DEET und MCPA sind aber allgemein sehr tief (Maximum 14 ng/L), und liegen damit mehrere Größenordnungen unter den chronischen Qualitätskriterien. DEET sowie Propiconazol waren 2022 nur als Biozid zugelassen. Mecoprop und MCPA sind zurzeit immer noch als Pflanzenschutzmittel zugelassen und werden darüber hinaus auch im Materialschutz (Bitumenbahnen) verwendet. Da es im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees kaum intensiven Acker-, Gemüse- oder Obstanbau gibt, könnte es sein, dass sämtliche Pestizideinträge aus Anwendung in urbanen Gebieten stammen.

Da 2022 keine Pestizid-Metaboliten oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen detektiert wurden, gibt es keinen graphischen Vergleich. 2009 wurden 2,6-Dichlorbenzamid, Atrazin-2-hydroxy, Atrazin-Desethyl, Irgarol-descyclopropyl und N,N-dimethyl-N'-(4-methylphenyl)-sulfamid im See detektiert. Seit 2009 verloren alle Ausgangssubstanzen ihre Zulassung als PSM. Einzig Tolyfluanid als Ausgangssubstanz von N,N-dimethyl-N'-(4-methylphenyl)-sulfamid ist heute noch als Biozid zugelassen.

Das Fungizid Carbendazim, welches 2009 detektiert wurde, war im Analysenprogramm 2022, ebenso wie der Pestizid-Metabolit DMSA nicht mehr enthalten. Carbendazim war 2009 als PSM und Biozid zugelassen, 2022 nur noch als Biozid.

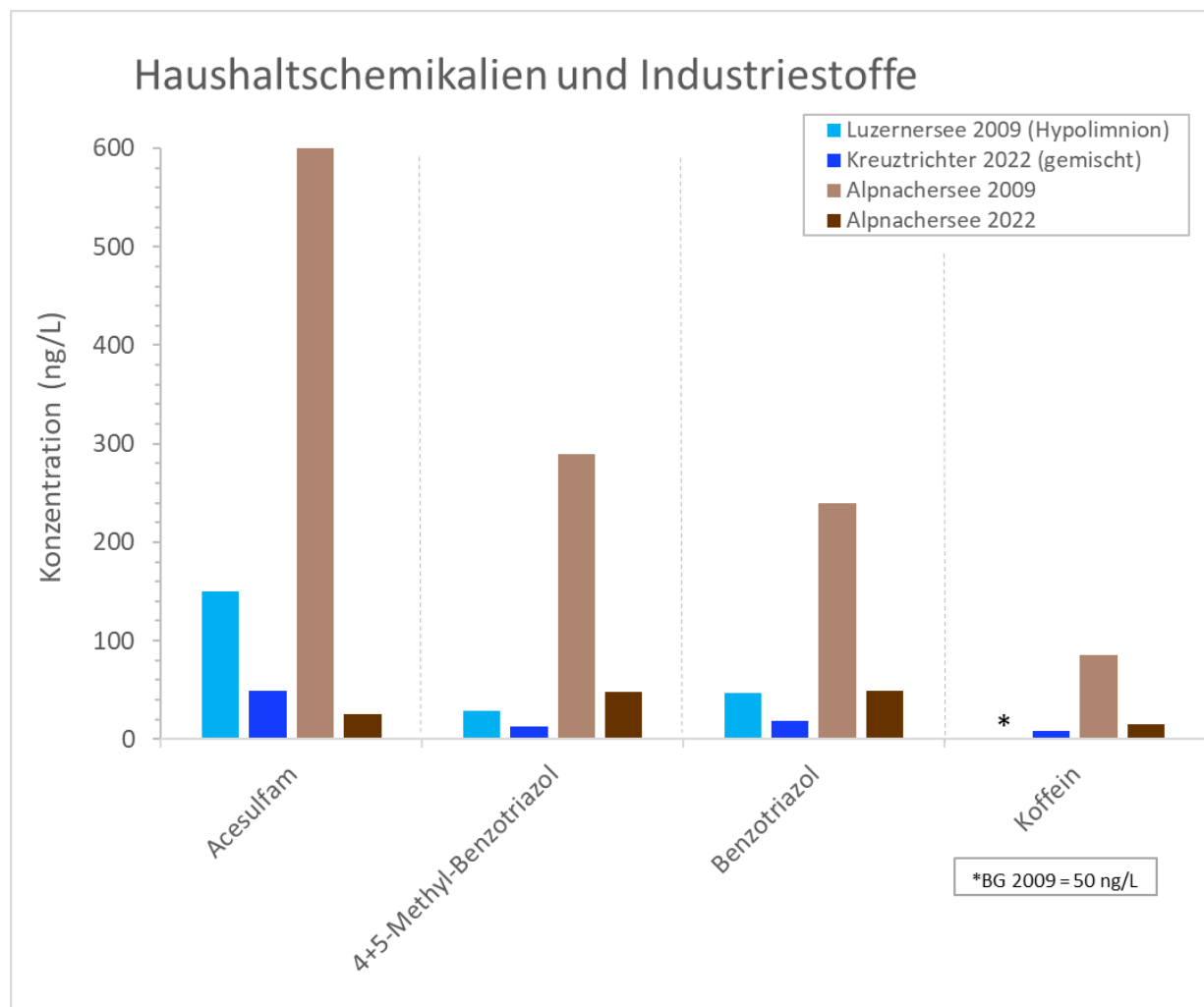


Bild 6: Vergleich der Konzentrationen der Substanzgruppe *Sonstige* im Kreuztrichter/Luzernersee (blau)- und Alpnachersee (braun) für das Jahr 2009 (hell) und 2022 (dunkel). Die Substanzen, für welche es nicht in allen Proben einen Befund gab, sind mit einem Stern markiert und die Bestimmungsgrenze ist angegeben.

3.6 Haushaltschemikalien und Industriestoffe

Alle Haushaltschemikalien sowie Industriestoffe wiesen 2022 tiefere Konzentrationen als 2009 auf. Das Süssmittel Acesulfam, von dem 2009 eine Konzentration von über 600 ng/L im Alpnachersee gefunden wurde, war 2022 an der gleichen Messstelle mit 25 ng/L deutlich tiefer. Sucralose, ein weiterer Süsstoff, wurde 2022 im Gegensatz zu 2009 nicht mehr über der Bestimmungsgrenze gefunden. Dafür wurde im Jahr 2022 aber Cyclamat detektiert, welches 2009 noch nicht im Analysenkatalog enthalten war. Auch die Industriestoffe Benzotriazol, 4+5-Methyl-Benzotriazol sowie der Tracer Coffein wiesen 2022 sowohl im Alpnachersee als auch im Kreuztrichter/Luzernersee tiefere Konzentrationen als 2009 auf.

Die Industriechemikalie 2-Napthalinsulfonsäure, welche 2009 detektiert wurde, gehörte 2022 nicht mehr zum Analysenprogramm. Dafür wurden 2022 die drei Industriechemikalien Melamin, Hexamethoxymethylmelamin und p-Toluolsulfonsäure, welche 2009 nicht analysiert wurden, detektiert.

4 Schlussfolgerungen

In den untersuchten Proben des Vierwaldstättersees wurden lediglich 55 der 600 analysierten organischen Mikroverunreinigungen über der jeweiligen Bestimmungsgrenze mit Konzentrationen im tiefen ng/L-Bereich nachgewiesen. Alle im Alpnachersee und im Kreuztrichter detektierten Konzentrationen lagen zwei bis fünf Grössenordnungen unter den ökotoxikologisch basierten Grenzwerten der Gewässerschutzverordnung sowie unter den vom Ökotoxizentrum vorgeschlagenen chronischen Qualitätskriterien. Weiterhin wurde auch keines der gefundenen Pestizide über dem allgemeinen Grenzwert der Gewässerschutzverordnung von 100 ng/L für Pestizide ohne ökotoxikologische Grenzwerte detektiert. Damit kann die Wasserqualität im Vierwaldstättersee bezüglich organischer Mikroverunreinigungen als generell sehr gut beurteilt werden.

Obwohl 2022 mehr als doppelt so viele Substanzen untersucht wurden, lag sowohl die Anzahl als auch die Konzentrationen der im Vierwaldstättersee gefundenen Substanzen in einem ähnlichen Bereich wie im Jahr 2009. Die Maximalkonzentrationen waren jedoch 2022 an den untersuchten Stellen zum Entnahmezeitpunkt im Januar tiefer als im Oktober 2019 (ausser Metformin, das 2022 nicht gemessen wurde und im Jahr 2009 die höchste Konzentration gezeigt hat). Obwohl das Analysespektrum, der Zeitpunkt der Probenahme sowie der Standort in beiden Untersuchungsjahren nicht komplett identisch waren, lässt sich schlussfolgern, dass die Gewässerqualität des Vierwaldstättersees in Bezug auf organische Mikroverunreinigungen im Jahr 2009 und 2022 einen vergleichbar guten Zustand aufwies. Der Einfluss der Landwirtschaft auf die Qualität des Vierwaldstättersees im Bereich der Pestizide ist dabei als gering einzustufen. Die meisten der wenigen und geringkonzentrierten Befunde im Vierwaldstättersee rühren von abwasserbürtigen Stoffen her.

Angesichts der gleichbleibend guten Wasserqualität des Vierwaldstättersees hinsichtlich des detektierten Substanzumfangs und der festgestellten Substanzkonzentrationen für die Jahre 2009 und 2022 sowie unter Berücksichtigung der mittleren Wasseraufenthaltszeit von 3.5 Jahren erscheint nach heutigem Wissenstand eine Wiederholung eines umfangreichen Screenings auf organische Mikroverunreinigungen frühestens wieder nach etwa 10 Jahren sinnvoll zu sein. Lediglich für den Fall, dass umfangreiche Massnahmen zur Reduzierung von Substanzinträgen aus Landwirtschaft, Siedlung und Haushalten im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees ergriffen werden, könnte eine vorzeitige Screening-Messung eventuell hilfreich sein. So könnte zum Beispiel die Auswirkungen eines Ausbaus von Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe (4. Stufe) auf die Konzentration von abwasserbürtigen Substanzen im Vierwaldstättersee, insbesondere im Alpnachersee, anhand von Messungen überprüft werden.

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Pestizide	1-Naphthyllessigsäure	86-87-3	Herbizid	20	< BG	< BG	Nein
	2,4-D	94-75-7	Herbizid	1	< BG	< BG	Ja
	2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on (OIT)	26530-20-1	Biozid	0.5	< BG	< BG	Ja
	5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CMI)	26172-55-4	Biozid	0.2	< BG	< BG	Nein
	6-Benzyladenin	1214-39-7	Herbizid	0.7	< BG	< BG	Nein
	Acetamiprid	160430-64-8	Insektizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Acetochlor	34256-82-1	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Alachlor	15972-60-8	Herbizid	0.9	< BG	< BG	Nein
	Aldicarb	116-06-3	Insektizid	15	< BG	< BG	Nein
	alpha-Naphthylacetamid	86-86-2	Wachstumsregulator	0.7	< BG	< BG	Nein
	Amidosulfuron	120923-37-7	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Aminopyralid	150114-71-9	Herbizid	4	< BG	< BG	Nein
	Amisulbrom	348635-87-0	Fungizid	1100	< BG	< BG	Nein
	Asulam	3337-71-1	Herbizid	2	< BG	< BG	Nein
	Atraton	1610-17-9	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Atrazin	1912-24-9	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Azoxystrobin	131860-33-8	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Ja
	Beflubutamid	113614-08-7	Herbizid	5	< BG	< BG	Nein
	Benalaxyl	98243-83-5	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Ja
	Bentazon	25057-89-0	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Bixafen	581809-46-3	Fungizid	6	< BG	< BG	Nein
	Boscalid	188425-85-6	Fungizid	2	< BG	< BG	Ja
	Bromadiolon	28772-56-7	Biozid	9	< BG	< BG	Nein
	Bromazil	314-40-9	Biozid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Bromoxynil	1689-84-5	Herbizid	3	< BG	< BG	Nein
	Bromuconazol	116255-48-2	Fungizid	2	< BG	< BG	Nein
	Bupirimate	41483-43-6	Fungizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Buprofezin	69327-76-0	Insektizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Carbendazim	10605-21-7	Fungizid	5	< BG	< BG	Ja
	Carbetamid	16118-49-3	Herbizid	7	< BG	< BG	Nein
	Carbofuran	1563-66-2	Insektizid	4	< BG	< BG	Ja
	Carboxin	5234-68-4	Fungizid	7	< BG	< BG	Nein
	Chlorantraniliprol	500008-45-7	Insektizid	5	< BG	< BG	Nein
	Chlorfenvinphos	470-90-6	Insektizid	1	< BG	< BG	Nein
	Chloridazon	1698-60-8	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Chlortoluron	15545-48-9	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Clethodim	99129-21-2	Herbizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Clodinafop-propargyl	105512-06-9	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Clomazon	81777-89-1	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Clopyralid	1702-17-6	Herbizid	8	< BG	< BG	Nein
	Cloquintocet-mexyl	99607-70-2	Herbizid safener	25	< BG	< BG	Nein
	Clothianidin	210880-92-5	Insektizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Cyazofamid	120116-88-3	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Cyclosulfamuron	136849-15-5	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Cycloxydim	101205-02-1	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Cycluron	2163-69-1	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Cyflufenamid	180409-60-3	Fungizid	4	< BG	< BG	Nein
	Cyproconazol	94361-06-5	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Cyprodinil	121552-61-2	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Cyromazin	66215-27-8	Biozid	0.8	< BG	< BG	Nein
	Diazinon	333-41-5	Insektizid	0.3	< BG	< BG	Ja
	Dicamba	1918-00-9	Herbizid	1	< BG	< BG	Ja
	Dichlorprop	120-36-5	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Diethofencarb	87130-20-9	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Difenoconazol	119446-68-3	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Diflubenzuron	35367-38-5	Insektizid	0.7	< BG	< BG	Nein
	Diflufenican	83164-33-4	Herbizid	4	< BG	< BG	Ja
Dimefuron	34205-21-5	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein	
Dimethachlor	50563-36-5	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein	
Dimethenamid	87674-68-8	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja	
Dimethoat	60-51-5	Insektizid	0.4	< BG	< BG	Ja	
Dimethomorph	110488-70-5	Fungizid	5	< BG	< BG	Ja	
Dinoseb	88-85-7	Herbizid	2	< BG	< BG	Ja	
Diuron	330-54-1	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Ja	
Dodemorph	1593-77-7	Fungizid	5	< BG	< BG	Nein	
Epoxiconazol	133855-98-8	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja	
Ethofumesat	26225-79-6	Herbizid	2	< BG	< BG	Nein	

Tabelle 3: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pestizide I)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Pestizide	Ethoxysulfuron	126801-58-9	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Etoxazol	153233-91-1	Insektizid	4	< BG	< BG	Nein
	Fenamidon	161326-34-7	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Fenazaquin	120928-09-8	Insektizid	3	< BG	< BG	Nein
	Fenbuconazol	114369-43-6	Fungizid	1	< BG	< BG	Nein
	Fenhexamid	126833-17-8	Fungizid	0.8	< BG	< BG	Ja
	Fenoxycarb	79127-80-3	Insektizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Fenpropimorph	67306-03-0	Fungizid	9	< BG	< BG	Ja
	Fenpyrazamin	473798-59-3	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Fipronil	120068-37-3	Insektizid	2	< BG	< BG	Ja
	Flazasulfuron	104040-78-0	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Flonicamid	158062-67-0	Insektizid	3	< BG	< BG	Nein
	Florasulam	145701-23-1	Herbizid	0.7	< BG	< BG	Nein
	Fluazifop	69335-91-7	Herbizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Fluazinam	79622-59-6	Fungizid	8	< BG	< BG	Nein
	Fludioxonil	131341-86-1	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Flufenacet	142459-58-3	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Flumioxazin	103361-09-7	Herbizid	100	< BG	< BG	Nein
	Fluopicolid	239110-15-7	Fungizid	1	< BG	< BG	Nein
	Fluopyram	658066-35-4	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Fluoxastrobin	361377-29-9	Fungizid	1	< BG	< BG	Ja
	Flurochloridon	61213-25-0	Herbizid	5	< BG	< BG	Nein
	Fluroxypyr	69377-81-7	Herbizid	15	< BG	< BG	Nein
	Flusilazol	85509-19-9	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Flutolanil	66332-96-5	Fungizid	1	< BG	< BG	Nein
	Fluxapyroxad	907204-31-3	Fungizid	2	< BG	< BG	Nein
	Foramsulfuron	173159-57-4	Herbizid	1	< BG	< BG	Nein
	Fuberidazol	3878-19-1	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Haloxypol	69806-34	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Hexazinon	51235-04-2	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Hexythiazox	78587-05-0	Insektizid	6	< BG	< BG	Nein
	Imazalil	35554-44-0	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Imazamox	114311-32-9	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Imidacloprid	138261-41-3	Insektizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Iodosulfuron-methyl	144550-06-1	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Iprovalicarb	140923-17-7	Fungizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Irgarol	28159-98-0	Biozid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Isoproturon	34123-59-6	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Isoxaflutol	141112-29-0	Herbizid	43400	< BG	< BG	Nein
	Kresoxim-methyl	143390-89-0	Fungizid	8	< BG	< BG	Nein
	Lenacil	2164-08-1	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Linuron	374726-62-2	Herbizid	2	< BG	< BG	Ja
	Maleinsäurehydrazid	123-33-1/10071-13-3	Wachstumsregulator	10	< BG	< BG	Nein
	Mandipropamid	374726-62-2	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	MCPB	94-81-5	Herbizid	25	< BG	< BG	Nein
	Mepanipyrim	110235-47-7	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Mesosulfuron-methyl	74223-64-6	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Mesotrion	104206-82-8	Herbizid	2	< BG	< BG	Nein
	Metalaxyl	57837-19-1	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Metamitron	41394-05-2	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Metazachlor	67129-08-2	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Metconazol	125116-23-6	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Methidathion	950-37-8	Insektizid	7	< BG	< BG	Nein
	Methomyl	16752-77-5	Insektizid	7	< BG	< BG	Nein
	Methoxyfenozid	161050-58-4	Insektizid	2	< BG	< BG	Ja
	Metolachlor	51218-45-2	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Metosulam	139528-85-1	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Metoxuron	19937-59-8	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Metrafenon	220899-03-6	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Metribuzin	21087-64-9	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Metsulfuron-methyl	74223-64-6	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Monolinuron	1746-81-2	Herbizid	0.9	< BG	< BG	Ja
	Monuron	150-68-5	Herbizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Napropamid	15299-99-7	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Nicosulfuron	111991-09-4	Herbizid	0.6	< BG	< BG	Ja
	Orbencarb	34622-58-7	Herbizid	3	< BG	< BG	Nein

Tabelle 4: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pestizide II)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Pestizide	Oryzalin	19044-88-3	Herbizid	7	< BG	< BG	Nein
	Oxadiargyl	39807-15-3	Herbizid	2	< BG	< BG	Nein
	Oxadixyl	77732-09-3	Fungizid	6	< BG	< BG	Nein
	Oxasulfuron	144651-06-9	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Oxyfluorfen	42874-03-3	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Paclobutrazol	76738-62-0	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Penconazol	66246-88-6	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Pencycuron	66063-05-6	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Penoxsulam	219714-96-2	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Penthiopyrad	183675-82-3	Fungizid	0.9	< BG	< BG	Nein
	Pethoxamid	106700-29-2	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Picaridin	119515-38-7	Biozid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Picloram	1918-01-1	Herbizid	15	< BG	< BG	Nein
	Picoxystrobin	117428-22-5	Fungizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Piperonylbutoxid	51-03-6	Insektizid	2	< BG	< BG	Nein
	Pirimicarb	23103-98-2	Insektizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Pirimiphos-methyl	29232-93-7	Insektizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Prochloraz	67747-09-5	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Prometon	1610-18-0	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Prometryn	7287-19-6	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Propachlor	1918-16-7	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Propamocarb	24579-73-5	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Propoxycarbazon	145026-81-9	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Propyzamid	23950-58-5	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Prosulfuron	94125-34-5	Herbizid	1	< BG	< BG	Nein
	Prothioconazol	178928-70-6	Fungizid	7	< BG	< BG	Nein
	Pyraclostrobin	175013-18-0	Fungizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Pyraflufen-ethyl	129630-19-9	Entlaubungsmittel	2	< BG	< BG	Nein
	Pyrifenoxy	88283-41-4	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Pyrimethanil	53112-28-0	Fungizid	1	< BG	< BG	Ja
	Pyroxsulam	422556-08-9	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Quinoclam	2797-51-5	Herbizid	3	< BG	< BG	Nein
	Quinoxifen	124495-18-7	Fungizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Simazin	122-34-9	Herbizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Simeton	673-04-1	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Spiroxamin	118134-30-8	Fungizid	90	< BG	< BG	Nein
	Sulcotrion	99105-77-8	Herbizid	1	< BG	< BG	Ja
	Sulfentrazone	122836-35-5	Herbizid	8	< BG	< BG	Nein
	Sulfosulfuron	141776-32-1	Herbizid	0.9	< BG	< BG	Nein
	Tebuconazol	107534-96-3	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Tebufenozide	112410-23-8	Insektizid	2	< BG	< BG	Nein
	Tebufenpyrad	119168-77-3	Insektizid	5	< BG	< BG	Nein
	Tebutam	35256-85-0	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Tembotrion	335104-84-2	Herbizid	10	< BG	< BG	Nein
	Tepraloxymid	149979-41-9	Herbizid	7	< BG	< BG	Nein
	Terbacil	5902-51-2	Herbizid	7	< BG	< BG	Nein
	Terbumeton	33693-04-8	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Terbutylazin	5915-41-3	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Terbutryn	886-50-0	Herbizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Thiabendazol	148-79-8	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Thiacloprid	111988-49-9	Insektizid	0.4	< BG	< BG	Ja
	Thiamethoxam	153719-23-4	Insektizid	0.5	< BG	< BG	Ja
	Thifensulfuron-methyl	79277-27-3	Herbizid	7	< BG	< BG	Nein
	Thiophanate-methyl	23564-05-8	Fungizid	300	< BG	< BG	Nein
	Topramezon	210631-68-8	Herbizid	25	< BG	< BG	Nein
	Tralkoxydim	87820-88-0	Herbizid	2	< BG	< BG	Nein
	Triadimenol A	70585-35-2	Fungizid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Triasulfuron	82097-50-5	Herbizid	1	< BG	< BG	Nein
	Triazoxid	72459-58-6	Fungizid	0.7	< BG	< BG	Nein
	Tribenuron-methyl	101200-48-0	Herbizid	2	< BG	< BG	Nein
	Triclocarban	101-20-2	Biozid	4	< BG	< BG	Ja
	Triclosan	3380-34-5	Biozid	10	< BG	< BG	Ja
	Triflumizol	99387-89-0	Fungizid	0.9	< BG	< BG	Nein
	Triflursulfuron-methyl	126535-15-7	Herbizid	4	< BG	< BG	Nein
	Trinexapac-ethyl	95266-40-3	Wachstumsregulator	0.4	< BG	< BG	Nein
	Triticonazol	131983-72-7	Fungizid	0.5	< BG	< BG	Nein
	Tritosulfuron	142469-14-5	Herbizid	5	< BG	< BG	Nein

Tabelle 5: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pestizide III)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Pestizid Metabolite	N-N-dimethyl-N-(4-methylphenyl)-sulfamid	66840-71-9	<i>Tolyfluamid</i>	1	< BG	< BG	Nein
	NOA407475	n.a.	<i>Thiamethoxam</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	2,4-Dimethylphenylformamid	60397-77-5	<i>Amitraz</i>	7	< BG	< BG	Nein
	2,6-Dichlorbenzamid	2008-58-4	<i>Dichlobenil</i>	0.7	< BG	< BG	Nein
	2-Amino-4-methoxy-6-methyl-1-3-5 triazin	1668-54-8	<i>Thifensulfuron-methyl</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	2-Aminobenzimidazol	934-32-7	<i>Carbendazim</i>	2	< BG	< BG	Nein
	3-5-dibromo-4-hydroxybenzoesäure	3337-62-0	<i>Bromoxynil</i>	10	< BG	< BG	Nein
	Acetochlor-ESA	187022-11-3	<i>Acetochlor</i>	4	< BG	< BG	Nein
	Acetochlor-OXA	194992-44-4	<i>Acetochlor</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Alachlor-ESA	142363-53-9	<i>Alachlor</i>	4	< BG	< BG	Nein
	Alachlor-OXA	171262-17-2	<i>Alachlor</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Atrazin-2-Hydroxy	2163-68-0	<i>Atrazin</i>	0.5	< BG	< BG	Ja
	Atrazin-Desethyl	6190-65-4	<i>Atrazin</i>	0.4	< BG	< BG	Ja
	Atrazin-Desisopropyl	1007-28-9	<i>Atrazin</i>	0.5	< BG	< BG	Ja
	Atrazine-Desethyl-Desisopropyl	3397-62-4	<i>Atrazin</i>	0.9	< BG	< BG	Nein
	Atrazine-Desisopropyl-2-Hydroxy	7313-54-4	<i>Atrazin</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Azoxystrobinsäure	1185255-09-7	<i>Azoxystrobin</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Benthiavdicarb-isopropyl	177406-68-7	<i>Benthiavdicarb</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Bifenox-Säure	53774-07-5	<i>Bifenox</i>	2	< BG	< BG	Nein
	CGA62826	87764-37-2	<i>Metalaxyl</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Chloridazon-desphenyl	6339-19-1	<i>Chloridazon</i>	0.4	< BG	< BG	Ja
	Chloridazon-methyl-desphenyl	17254-80-7	<i>Chloridazon</i>	0.4	< BG	< BG	Ja
	Chlorothalonil-4-hydroxy-Carbonsäureamid (TP611968)		<i>Chlorothalonil</i>	2	< BG	< BG	Nein
	Chlorothalonil-TP SYN507900	115044-73-0	<i>Chlorothalonil</i>	2	< BG	< BG	Nein
	Chlorothalonil-TP SYN548580	n.a.	<i>Chlorothalonil</i>	7	< BG	< BG	Nein
	Chlorothalonil-TP-R471811 C137	n.a.	<i>Chlorothalonil</i>	6	< BG	< BG	Nein
	Cycloxydim-TP BH 517-TSO E/Z-isomer	n.a.	<i>Cycloxydim</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Cyprodinil-TP CGA 249287	n.a.	<i>Cyprodinil</i>	0.4	< BG	< BG	Nein
	Diazoxon	962-58-3	<i>Diazinon</i>	10	< BG	< BG	Nein
	Dimethachlor-ESA	1231710-75-0	<i>Dimethachlor</i>	4	< BG	< BG	Nein
	Dimethachlor-OXA	1086384-49-7	<i>Dimethachlor</i>	6	< BG	< BG	Nein
	Dimethachlor-TP CGA 369873	2387071-47-6	<i>Dimethachlor</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Dimethenamid-OXA	380412-59-9	<i>Dimethenamid</i>	10	< BG	< BG	Nein
	Diuron-desdimethyl	2327-02-8	<i>Diuron</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Diuron-desmonomethyl	3567-62-2	<i>Diuron</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Ethirimol	23947-60-6	<i>Bupirimat</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Fipronil-desulfanyl	205650-65-3	<i>Fipronil</i>	0.8	< BG	< BG	Nein
	Fipronil-sulfid	120067-83-6	<i>Fipronil</i>	2	< BG	< BG	Ja
	Fipronil-sulfon	120068-36-2	<i>Fipronil</i>	40	< BG	< BG	Nein
	Fipronil-TP RPA 200761	385765-64-0	<i>Fipronil</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Flufenacet-ESA	201668-32-8	<i>Flufenacet</i>	5	< BG	< BG	Ja
	Flufenacet-OXA	201668-31-7	<i>Flufenacet</i>	5	< BG	< BG	Nein
	Fluopyrambenzamid	360-64-5	<i>Fluopyram</i>	0.7	< BG	< BG	Nein
	Fluxapyroxad TP CSCD465008	151734-02-0	<i>Fluxapyroxad</i>	45	< BG	< BG	Nein
	Imidacloprid-desnitro	115970-17-7	<i>Imidacloprid</i>	2	< BG	< BG	Nein
	Imidacloprid-urea	120868-66-8	<i>Imidacloprid</i>	1	< BG	< BG	Nein
	Irgarol-descyclopropyl	30125-65-6	<i>Irgarol</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Isoproturon-didemethyl 1-(4-Isopropenyl)urea	56046-17-4	<i>Isoproturon</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Isoproturon-monodemethyl 1-(4-Isopropenyl)-3-methylurea	34123-57-4	<i>Isoproturon</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Kresoxim-methylsäure	1007364-30-8	<i>Kresoxim-methyl</i>	5	< BG	< BG	Nein
	Mesotrion-MNBA	110964-79-9	<i>Mesotrion</i>	20	< BG	< BG	Nein
	Metalaxyl-M-TP CGA108906	104390-56-9	<i>Metalaxyl</i>	1	< BG	< BG	Nein
	Metamitron-Desamino	36993-94-9	<i>Metamitron</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Metazachlor-ESA	172960-62-2	<i>Metazachlor</i>	2	< BG	< BG	Nein
	Metazachlor-OXA	1231244-60-2	<i>Metazachlor</i>	6	< BG	< BG	Nein
	Metolachlor-ESA	171118-09-5	<i>Metolachlor</i>	5	< BG	< BG	Ja
	Metolachlor-OXA	152019-73-3	<i>Metolachlor</i>	6	< BG	< BG	Nein
	Nicosulfuron-TP AUSN	n.a.	<i>Nicosulfuron</i>	4	< BG	< BG	Nein
	Nicosulfuron-TP UCSN	n.a.	<i>Nicosulfuron</i>	0.9	< BG	< BG	Nein
	Prochloraz Metabolite BTS40348	67747-01-7	<i>Prochloraz</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Prochloraz Metabolite BTS44595	139520-94-8	<i>Prochloraz</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Propachlor OXA	70628-36-3	<i>Propachlor</i>	5	< BG	< BG	Ja
	Prosulfocarb-sulfoxid	51954-81-5	<i>Prosulfocarb</i>	40	< BG	< BG	Nein
	Prothioconazole-desethio	120983-64-4	<i>Prothioconazol</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Pymetrozine-TP CGA294849	n.a.	<i>Pymetrozin</i>	400	< BG	< BG	Nein
	Simazin-2-hydroxy	2599-11-3	<i>Simazin</i>	2	< BG	< BG	Nein
	Sulcotrion-CMBA	53250-83-2	<i>Sulcotrion</i>	7	< BG	< BG	Nein
	Sum Propazine-2-hydroxy + Terbutylazin-2-hydroxy	7374-53-0 + 116753-07-9	<i>Propazin + Terbutylazin</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Terbutylazin-desethyl	30125-63-4	<i>Terbutylazin</i>	0.8	< BG	< BG	Ja
	Terbutylazin-TP CSAA036479	n.a.	<i>Terbutylazin</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Terbutylazin-TP CSCD648241	n.a.	<i>Terbutylazin</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Terbutylazin-TP CSCD692760	n.a.	<i>Terbutylazin</i>	0.9	< BG	< BG	Nein
	Thiacloprid-amid	676228-91-4	<i>Thiacloprid</i>	6	< BG	< BG	Nein
	Thiamethoxam Metabolit CGA 353968	634192-72-6	<i>Thiamethoxam</i>	0.6	< BG	< BG	Nein
	Thiamethoxam Metabolit CGA 355190	n.a.	<i>Thiamethoxam</i>	0.7	< BG	< BG	Nein
	Trifloxystrobinsäure	252913-85-2	<i>Trifloxystrobin</i>	0.5	< BG	< BG	Nein
	Trinexapac	104273-73-6	<i>Trinexapac-ethyl</i>	300	< BG	< BG	Nein

Tabelle 6: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pestizid-Metabolite)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration	Konzentration	Eigener ISTD?
					(ng/L) AS	(ng/L) KT	
Pharmazeutika	25C-NBOMe	1227608-02-7	Illegale Droge	0.6	< BG	< BG	Ja
	25I-NBOMe	919797-19-6	Illegale Droge	0.8	< BG	< BG	Nein
	2C-B	66142-81-2	Illegale Droge	0.7	< BG	< BG	Nein
	2C-E 2,5-Dimethoxy-4-ethylphenethylamin	71539-34-9	Illegale Droge	0.6	< BG	< BG	Nein
	3-4-Methylenedioxypropylvaleron	687603-66-3	Illegale Droge	0.6	< BG	< BG	Nein
	4-Dimethylaminoantipyrin	58-15-1	Analgetikum	10	< BG	< BG	Nein
	AB-CHMINACA	1185887-21-1	Illegale Droge	4	< BG	< BG	Nein
	Acamprosat	77337-76-9	Therapeutikum Alkoholentwöhnung	20	< BG	< BG	Nein
	Acetazolamid	59-66-5	Diuretikum	3	< BG	< BG	Nein
	Alfuzosin	81403-80-7	Alphablocker	0.7	< BG	< BG	Nein
	Allopurinol	315-30-0	Urikostatikum	2	< BG	< BG	Nein
	Alpha-PVP	14530-33-7	Illegale Droge	1	< BG	< BG	Nein
	Alprazolam	28981-97-7	Anxiolytikum	2	< BG	< BG	Nein
	Amantadin	768-94-5	Virostatikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Amitriptylin	50-48-6	Antidepressivum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Amlodipine	88150-42-9	Antihypertensivum	7600	< BG	< BG	Nein
	Amoxicillin-EP-Impurity-E	1356020-01-3	Antibiotikum	6	< BG	< BG	Nein
	Amoxicillin-EP-Impurity-F	126247-63-0	Antibiotikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Amphetamin	300-62-9	Betäubungsmittel	0.9	< BG	< BG	Ja
	Atazanavir	198904-31-3	Antivirostatikum	35	< BG	< BG	Nein
	Atenolol	29122-68-7	Betablocker	0.6	< BG	< BG	Ja
	Atomoxetin	83015-26-3	Sympathomimetikum	0.5	< BG	< BG	Ja
	Atorvastatin	134523-03-8	Cholesterinsenker	100	< BG	< BG	Nein
	Atropin	51-55-8	Parasympatholytikum	2	< BG	< BG	Nein
	Benproperin	2156-27-6	Antitussivum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Betamethason	378-44-9	Glucocorticoid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Bezafibrat	41859-67-0	Fibrat	0.5	< BG	< BG	Ja
	Bicalutamid	90357-06-5	Antiandrogen	1	< BG	< BG	Ja
	Bromazepam	1812-30-2	Anxiolytikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Bufexamac	2438-72-4	Entzündungshemmer	15	< BG	< BG	Nein
	Bupivacain	2180-92-9	Lokalanästhetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Bupropion	34911-55-2	Antidepressivum	0.8	< BG	< BG	Nein
	Canagliflozin	842133-18-0	Antidiabetikum	20	< BG	< BG	Nein
	Capecitabin	154361-50-9	Zytostatikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Carisoprodol	78-44-4	Muskelrelaxans	0.6	< BG	< BG	Nein
	Ceftazidim	78439-06-2	Antibiotikum	30	< BG	< BG	Nein
	Celiprolol	57470-78-7	Betablocker	0.5	< BG	< BG	Nein
	Cetirizin	83881-52-1	Antiallergikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Chlordiazepoxid	58-25-3	Anxiolytikum	0.7	< BG	< BG	Nein
	Chlormethiazol	533-45-9	Sedativum	25	< BG	< BG	Nein
	Chloroquin	54-05-7	Antiprotozoikum	15	< BG	< BG	Nein
	Chlorthalidon	77-36-1	Diuretikum	8	< BG	< BG	Nein
	Cilastatin	82009-34-5	Protease Inhibitor	0.5	< BG	< BG	Nein
	Clarithromycin	81103-11-9	Antibiotikum	2	< BG	< BG	Ja
	Clindamycin	18323-44-9	Antibiotikum	1	< BG	< BG	Nein
	Clobazam	22316-47-8	Anxiolytikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Clonazepam	1622-61-3	Antiepileptikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Clorazepat	23887-31-2	Anxiolytikum	50	< BG	< BG	Nein
	Clotrimazol	23593-75-1	Antimykotikum	20	< BG	< BG	Ja
	Clozapin	5786-21-0	Neuroleptikum	0.5	< BG	< BG	Ja
	Codein	76-57-3	Betäubungsmittel	0.6	< BG	< BG	Ja
	Corticosteron	50-22-6	Steroidhormon	0.6	< BG	< BG	Nein
	Cortison	53-06-5	Steroidhormon	2	< BG	< BG	Nein
	Crotamiton	486-56-6	Akarizid	0.4	< BG	< BG	Nein
	Crotethamid	6168-76-9	Analgetikum	0	< BG	< BG	Nein
	Cyclophosphamid	50-18-0	Zytostatikum	0.4	< BG	< BG	Ja
	Darunavir	206361-99-1	Virustatikum	0.4	< BG	< BG	Ja
Deferasirox	201530-41-8	Eisenchelator	6	< BG	< BG	Nein	
Dexamethason	50-02-2	Glucocorticoid	0.6	< BG	< BG	Nein	
Dextromethorphan	125-71-3	Antitussivum	0.6	< BG	< BG	Nein	
Dextrorphan	125-73-5	Antitussivum	0.6	< BG	< BG	Nein	
Diatrizoat	117-96-4	Röntgenkontrastmittel	25	< BG	< BG	Ja	
Diazepam	439-14-5	Betäubungsmittel	0.5	< BG	< BG	Ja	
Dibucain	85-79-0	Lokalanästhetikum	1	< BG	< BG	Nein	
Didanosin	69655-05-6	Virustatikum	30	< BG	< BG	Nein	
Dienogest	65928-58-7	Gestagen	0.6	< BG	< BG	Nein	
Dihydrocodein	125-28-0	Betäubungsmittel	0.5	< BG	< BG	Nein	
Diltiazem	33286-22-5	Antihypertensivum	2	< BG	< BG	Nein	
Dimethyltryptamin	61-50-7	Betäubungsmittel	0.6	< BG	< BG	Nein	
Diphenhydramin	58-73-1	Antihistaminikum	0.7	< BG	< BG	Nein	
Disopyramid	3737-09-5	Antiarrhythmikum	0.6	< BG	< BG	Nein	

Tabelle 7: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pharmazeutika I)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Pharmazeutika	Dolutegravir	1051375-16-6	Antivirostatikum	15	< BG	< BG	Nein
	Doxazosin	74191-85-8	Alphablocker	8	< BG	< BG	Nein
	Doxylamin	562-10-7	Antihistaminikum	1	< BG	< BG	Nein
	Dropropizin	17692-31-8	Antitussivum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Duloxetin	116539-59-4	Antidepressivum	8	< BG	< BG	Nein
	Efavirenz	30223-73-5	Virustatikum	15	< BG	< BG	Nein
	Emtricitabin	143491-57-0	Virustatikum	1	< BG	< BG	Ja
	Eprosartan	133040-01-4	Blutdrucksenker	0.5	< BG	< BG	Ja
	Erythromycin	114-07-8	Antibiotikum	30	< BG	< BG	Nein
	Exemestan	107868-30-4	Aromatasehemmer	0.4	< BG	< BG	Nein
	Ezetimibe	163222-33-1	Cholesterol-Resorptionshemmer	45	< BG	< BG	Nein
	Fenofibrat	49562-28-9	Lipidsenker	7	< BG	< BG	Nein
	Fentanyl	437-38-7	Betäubungsmittel	0.6	< BG	< BG	Nein
	Fexofenadin	83799-24-0	Antihistaminikum	5	< BG	< BG	Ja
	Flunitrazepam	1622-62-4	Sedativum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Fluoxetin	54910-89-3	Antihistaminikum	0.3	< BG	< BG	Ja
	Flurazepam	17617-23-1	Hypnotikum	2	< BG	< BG	Nein
	Fluvastatin	93957-54-1	Lipidsenker	2	< BG	< BG	Nein
	Furosemid	54-31-9	Diuretikum	5	< BG	< BG	Ja
	Gemcitabin	95058-81-4	Zytostatikum	0.5	< BG	< BG	Ja
	Genistein	446-72-0	Phytoöstrogene	6	< BG	< BG	Nein
	Hydrocodon	125-29-1	Betäubungsmittel	0.5	< BG	< BG	Nein
	Hydrocortison	50-23-7	Glucocorticoid	0.6	< BG	< BG	Nein
	Hydromorphon	466-99-9	Analgetikum	0	< BG	< BG	Nein
	Ifosfamid	3778-73-2	Zytostatikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Indomethacin	53-86-1	Analgetikum	9	< BG	< BG	Ja
	Iobitridol	136949-58-1	Röntgenkontrastmittel	60	< BG	< BG	Nein
	Iohexol	66108-95-0	Röntgenkontrastmittel	60	< BG	< BG	Nein
	Iomeprol	78649-41-9	Röntgenkontrastmittel	20	< BG	< BG	Nein
	Iopamidol	62883-00-5	Röntgenkontrastmittel	20	< BG	< BG	Nein
	Ioversol	87771-40-2	Röntgenkontrastmittel	25	< BG	< BG	Nein
	Ketamin	6740-88-1	Betäubungsmittel	0.6	< BG	< BG	Nein
	Ketoconazol	65277-42-1	Antimykotikum	40	< BG	< BG	Nein
	Ketoprofen	22071-15-4	Analgetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Lansoprazol	103577-45-3	Protonenpumpenhemmer	0.7	< BG	< BG	Nein
	Levetiracetam	102767-28-2	Antiepileptikum	0.5	< BG	< BG	Ja
	Levofloxacin	100986-85-4	Antibiotikum	2	< BG	< BG	Nein
	Linezolid	165800-03-3	Antibiotikum	0.8	< BG	< BG	Nein
	Lopinavir	192725-17-0	Virustatikum	15	< BG	< BG	Nein
	Lorazepam	846-49-1	Anxiolytikum	2	< BG	< BG	Nein
	Losartan	114798-26-4	Antihypertensivum	1	< BG	< BG	Ja
	Lovastatin	75330-75-5	Lipidsenker	2	< BG	< BG	Nein
	LSD	50-37-3	Betäubungsmittel	0.9	< BG	< BG	Nein
	Maprotilin	10262-69-8	Antidepressivum	0.4	< BG	< BG	Nein
	MDMA	42542-10-9	Illegale Droge	1	< BG	< BG	Nein
	Medazepam	2898-11-5	Anxiolytikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Memantin	19982-08-2	Antidementivum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Meperidin	57-42-1	Analgetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Mepivacain	96-88-8	Lokalanästhetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Meptazinol	54340-58-8	Analgetikum	0.5	< BG	< BG	Nein
Mescaline	54-04-6	Illegale Droge	2	< BG	< BG	Nein	
Metaxalone	1665-48-1	Relaxans	3	< BG	< BG	Nein	
Metformin		Antidiabetikum	25	n.a.	n.a.	Ja	
Methadon	76-99-3	Betäubungsmittel	0.6	< BG	< BG	Ja	
Methamphetamin	537-46-2	Betäubungsmittel	0.5	< BG	< BG	Ja	
Methoxetamine	1239943-76-0	Illegale Droge	0.6	< BG	< BG	Nein	
Methylphenidat	113-45-1	Sympathomimetikum	0.5	< BG	< BG	Nein	
Methylprednisolon	83-43-2	Glucocorticoid	0.5	< BG	< BG	Ja	
Metoclopramid	7232-21-5	Antiemetikum	0.6	< BG	< BG	Nein	
Metronidazol	443-48-1	Antibiotikum	0.5	< BG	< BG	Ja	
Midazolam	59467-64-0	Sedativum	0.7	< BG	< BG	Nein	
Mitragynine	4098-40-2	Analgetikum	25	< BG	< BG	Nein	
Moclobemid	71320-77-9	Antidepressivum	0.7	< BG	< BG	Nein	
Morphin	57-27-2	Betäubungsmittel	1	< BG	< BG	Ja	
Nandrolon	434-22-0	Anabolikum	1	< BG	< BG	Nein	
Naloxone	465-65-6	Opiodantagonist	0.4	< BG	< BG	Nein	
Naltrexon	16590-41-3	Opiodantagonist	2	< BG	< BG	Nein	
Naproxen	22204-53-1	Analgetikum	2	< BG	< BG	Nein	
Nateglinid	105816-04-4	Antidiabetikum	0.5	< BG	< BG	Nein	
Niclosamid	50-65-7	Anthelminthikum	0.4	< BG	< BG	Nein	
Nifedipin	21829-25-4	Antihypertensivum	50	< BG	< BG	Nein	

Tabelle 8: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pharmazeutika II)

n.a.: Substanz ist nicht analysierbar aufgrund von Matrixinterferenzen in der Probe

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Pharmazeutika	Nitrazepam	146-22-5	Antiepileptikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Norfentanyl	1609-66-1	Precursor Fentanyl	0.6	< BG	< BG	Nein
	Noscapin	128-62-1	Antitussivum	0.8	< BG	< BG	Nein
	Olopatadin	113806-05-6	Antiallergikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Oseltamivir	196618-13-0	Virostatikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Oxacillin	66-79-5	Antibiotikum	15	< BG	< BG	Nein
	Oxazepam	604-75-1	Anxiolytikum	1	< BG	< BG	Ja
	Oxprenolol	6452-71-7	Antihypertensivum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Oxybutynin	1508-65-2	Anticholinergikum	3	< BG	< BG	Nein
	Oxycodon	76-42-6	Betäubungsmittel	0.6	< BG	< BG	Ja
	Paracetamol	103-90-2	Analgetikum	6	< BG	< BG	Nein
	Penciclovir	99809-25-1	Virostatikum	15	< BG	< BG	Nein
	Penicillin V	132-98-9	Antibiotikum	15	< BG	< BG	Nein
	Perindopril	82834-16-0	Antihypertonikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Phencyclidin	77-10-1	Illegale Droge	0.6	< BG	< BG	Nein
	Pioglitazon	111025-46-8	Antidiabetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Pravastatin	81093-37-0	Lipidsenker	2	< BG	< BG	Ja
	Praziquantel	55268-74-1	Anthelminthikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Prednisolon	53-03-2	Glucocorticoid	5	< BG	< BG	Nein
	Prednison	53-03-2	Glucocorticoid	0.8	< BG	< BG	Nein
	Prilocain	721-50-6	Lokalanästhetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Primidon	125-33-7	Antiepileptikum	2	< BG	< BG	Ja
	Procaïn	59-46-1	Lokalanästhetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Propoxyphen	469-62-5	Analgetikum	0.4	< BG	< BG	Nein
	Propranolol	525-66-6	Antihypertensivum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Psilocain	520-53-6	Illegale Droge	1400	< BG	< BG	Nein
	Pyrimethamin	58-14-0	Antiprotozoikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Ramiprilat	87269-97-4	Antihypertensivum	6	< BG	< BG	Nein
	Ranitidin	66357-35-5	Ulkuetherapeutikum	0.5	< BG	< BG	Ja
	Remdesivir	1809249-37-3	Virostatikum	65	< BG	< BG	Nein
	Repaglinid	135062-02-1	Antidiabetikum	1	< BG	< BG	Nein
	Ribavirin	36791-04-5	Virostatikum	20	< BG	< BG	Nein
	Rimantadin	13392-28-4	Virostatikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Risperidon	106266-06-2	Neuroleptikum	3	< BG	< BG	Nein
	Rivastigmin	5915-41-3	Antidementivum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Rosuvastatin	287714-41-4	Lipidsenker	2	< BG	< BG	Nein
	Rufinamid	106308-44-5	Antiepileptikum	0.7	< BG	< BG	Nein
	Sertraline	79617-96-2	Antidepressivum	3	< BG	< BG	Nein
	Sildenafil	139755-83-2	PDE-5-Hemmer	0.7	< BG	< BG	Nein
	Stanozolol	10418-03-8	Steroidhormon	0.8	< BG	< BG	Nein
	Stiripentol	49763-96-4	Antiepileptikum	200	< BG	< BG	Nein
	Sulfadiazin	68-35-9	Antibiotikum	0.4	< BG	< BG	Ja
	Sulfadimethoxin	122-11-2	Antibiotikum	0.4	< BG	< BG	Ja
	Sulfamethazin	57-68-1	Antibiotikum	0.5	< BG	< BG	Ja
	Sulfathiazol	72-14-0	Antibiotikum	0.5	< BG	< BG	Ja
	Sulpirid	15676-16-1	Antidepressivum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Telmisartan	144701-48-4	Antihypertensivum	6	< BG	< BG	Ja
	Tenofovir	147127-20-6	Virostatikum	4	< BG	< BG	Nein
	Tetrazepam	10379-14-3	Anxiolytikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Tiaprid	51012-32-9	Antihyperkinetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Ticlopidin	55142-85-3	Blutverdünner	3	< BG	< BG	Nein
	Tilidine	51931-66-9	Analgetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Timolol	26839-75-8	Betablocker	0.5	< BG	< BG	Nein
	Tolnaftat	2398-96-1	Antimykotikum	0.5	< BG	< BG	Nein
	Torasemid	56211-40-6	Schleifendiuretikum	0.7	< BG	< BG	Nein
	Trazodon	19794-93-5	Antidepressivum	1	< BG	< BG	Nein
	Triazolam	28911-01-5	Sedativum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Trimetazidin	5011-34-7	Anti-Angina	0.5	< BG	< BG	Nein
	Trimipramin	739-71-9	Antidepressivum	0.4	< BG	< BG	Nein
	Tropium	10405-02-4	Anticholinergika	0.6	< BG	< BG	Nein
	Valganciclovir	175865-59-5	Virostatikum	100	< BG	< BG	Nein
	Valsartan	137862-53-4	Antihypertensivum	5	< BG	< BG	Ja
	Vancomycin	1404-90-6	Antibiotikum	70	< BG	< BG	Nein
	Verapamil	152-11-4	Antiarrhythmikum	10	< BG	< BG	Ja
	Vildagliptin	274901-16-5	Antidiabetikum	0.7	< BG	< BG	Ja
	Xylazine	7361-61-7	Sedativum	0.7	< BG	< BG	Nein
	Xylometazolin	526-36-3	Sympathomimetikum	0.6	< BG	< BG	Nein
	Zaleplon	151319-34-5	Sedativum	0.7	< BG	< BG	Nein
Zidovudin	80516-87-1	Virostatikum	8	< BG	< BG	Nein	
Zolpidem	82626-48-0	Hypnotikum	0.5	< BG	< BG	Nein	
Zonisamid	68291-97-4	Antiepileptikum	0.9	< BG	< BG	Nein	

Tabelle 9: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pharmazeutika III)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Pharmazeutika Metabolite	(-)-11-Nor-delta-9-THC	56354-06-4	Delta-9-THC	6	< BG	< BG	Nein
	2,2-Difluorodeoxyuridin	114248-23-6	Gemcitabin	2	< BG	< BG	Nein
	3-5-Diamino-2-4-6-triiodbenzoesäure	5505-16-8	Diatrizoat	15	< BG	< BG	Nein
	6-Monoacetylmorphin	2784-73-8	Heroin	2	< BG	< BG	Nein
	AMDOPH	519-65-3	Aminopyrin	0.8	< BG	< BG	Nein
	Atenolol-desisopropyl	81346-71-6	Atenolol	2	< BG	< BG	Nein
	Benzoylcegonin	519-09-5	Kokain	0.6	< BG	< BG	Ja
	Betamethason 21	987-24-6	Betamethason	500	< BG	< BG	Nein
	Clofibrinsäure	882-09-7	Clofibrate	2	< BG	< BG	Ja
	Cocaethylene	529-38-4	Kocain	0	< BG	< BG	Nein
	Ecgonin	481-37-8	Kocain	5	< BG	< BG	Nein
	EDDP	30223-73-5	Methadon	0.4	< BG	< BG	Ja
	Fenofibrinsäure	42017-89-0	Fenofibrat	0.5	< BG	< BG	Nein
	GS 44124	1191237-69-0	Remdesivir	1	< BG	< BG	Nein
	Hydroxy-bupropion	92264-81-8	Bupropion	0.6	< BG	< BG	Nein
	Iminostilben	256-96-2	Carbamazepin	75	< BG	< BG	Nein
	N4-Acetyl-Sulfadiazin	127-74-2	Sulfadiazin	2	< BG	< BG	Nein
	N4-Acetyl-Sulfadimethoxin	24341-30-8	Sulfadimethoxin	6	< BG	< BG	Nein
	N4-Acetyl-Sulfamethazin	100-90-3	Sulfamethazin	0.5	< BG	< BG	Nein
	N4-Acetyl-Sulfamethoxazol	21312-10-7	Sulfamethoxazol	0.9	< BG	< BG	Ja
	N4-Acetyl-Sulfathiazol	127-76-4	Sulfathiazol	2	< BG	< BG	Ja
	N-Desmethyltramadol	1018989-94-0	Tramadol	0.6	< BG	< BG	Nein
	N-O-Didesvenlafaxin	135308-74-6	Venlafaxin	0.6	< BG	< BG	Nein
	Norcodein	467-15-2	Codein	0.5	< BG	< BG	Nein
	Norketamin	35211-10-0	Ketamine	0.6	< BG	< BG	Nein
	Normorphin	466-97-7	Morphin	2	< BG	< BG	Nein
	Noroxycodon	57664-96-7	Oxycodon	0.5	< BG	< BG	Nein
	Oseltamivir-carboxylat	187227-45-8	Oseltamivir	65	< BG	< BG	Nein
	Oxypurinol	2465-59-0	Allopurinol	50	< BG	< BG	Nein
	Ranitidin-N-oxid	738557-20-2	Ranitidin	0.7	< BG	< BG	Nein
Sulfamethoxazole-N1-Glucuronid	14365-52-7	Sulfamethoxazol	6	< BG	< BG	Nein	

Tabelle 10: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Pharmazeutika Metabolite)

Wirkstoffgruppe	Wirkstoff	CAS-Nr	Wirkstoff-Untergruppe Metabolit von	BG (ng/L)	Konzentration (ng/L) AS	Konzentration (ng/L) KT	Eigener ISTD?
Sonstige	Neotam	165450-17-9	Lebensmittelzusatzstoff	7	< BG	< BG	Ja
	Saccharin	81-07-2	Lebensmittelzusatzstoff	5	< BG	< BG	Ja
	Sucralose	56038-13-2	Lebensmittelzusatzstoff	65	< BG	< BG	Nein
	Sulfurol	137-00-8	Lebensmittelzusatzstoff	0.5	< BG	< BG	Nein
	1-3-Dimethyl-2-imidazolidinon	80-73-9	Industriechemikalie	4	< BG	< BG	Nein
	2,4-Diamino-6-morpholino-triazin	2827-42-1	Industriechemikalie	0.7	< BG	< BG	Nein
	2,5-Dichlorbenzolsulfonsäure	88-42-6	Industriechemikalie	2	< BG	< BG	Nein
	2-Methyl-5-Nitrobenzolsulfonsäure	121-03-9	Industriechemikalie	55	< BG	< BG	Nein
	5-Methoxy-2H-benzotriazol	27799-91-3	Industriechemikalie	0.4	< BG	< BG	Nein
	Acetyltributylcitrat	77-90-7	Industriechemikalie	8	< BG	< BG	Nein
	Methyldiphenylphosphinoxid	2129-89-7	Industriechemikalie	0.4	< BG	< BG	Nein
	Tetraglym	143-24-8	Industriechemikalie	5	< BG	< BG	Nein
	Trifluormethansulfonsäure	1493-13-6	Industriechemikalie	2	< BG	< BG	Nein
	Triisopropanolaminborat	101-00-8	Industriechemikalie	2	< BG	< BG	Nein
	Triphenylphosphinoxid	791-28-6	Industriechemikalie	0.5	< BG	< BG	Nein
	Dipropylmalonsäure	1636-27-7	Industriechemikalie	15	< BG	< BG	Nein
	1-Hydroxy-Benzotriazol	2592-95-2	Korrosionsschutzmittel	0.5	< BG	< BG	Nein
	4-Hydroxy-Benzotriazol	26725-51-9	Korrosionsschutzmittel	0.5	< BG	< BG	Nein
	Climbazol	38083-17-9	Personal Care Product	0.5	< BG	< BG	Ja
	Sulisobenzon	4065-45-6	Personal Care Product	8	< BG	< BG	Nein
	1-(3-Chlorophenyl)-piperazin	6640-24-0		0.8	< BG	< BG	Nein
	1-(3-Trifluoromethylphenyl)-piperazin	15532-75-9		0.7	< BG	< BG	Nein
	2-Amino-4-6-dimethoxy-pyrimidin	36315-01-2		1	< BG	< BG	Nein
	4-Methoxybenzolsulfonsäure	5857-42-1		0.6	< BG	< BG	Nein

Tabelle 11: Auflistung der untersuchten Substanzen ohne Befund im Vierwaldstättersee 2022 (Sonstige)

5 Literatur

- [1] Goetz, C., Longrée, P., Singer, H. *Screening-Messungen von organischen Spurenstoffen im Vierwaldstättersee. Schlussbericht in Zusammenarbeit mit der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee* (2009)
- [2] Goetz, C. *Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser im Vierwaldstättersee und der Luzerner Reuss – Beurteilung des Einzugsgebiets und des Sees. Bericht im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee* (2013)
- [3] Mechelke, J., Longrée, P., Singer, H. et al. *Vacuum-assisted evaporative concentration combined with LC-HRMS/MS for ultra-trace-level screening of organic micropollutants in environmental water samples. Anal Bioanal Chem* **411**, 2555–2567 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01696-3>
- [4] <https://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/> (abgefragt am 23.12.2022)
- [5] *Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV), SR-916.20*
- [6] *Bundesamt für Landwirtschaft; Verkaufte Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe 2008-2020.*